

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN

Evaluation von Bekämpfungsstrategien gegen Wanzen



Bachelorarbeit

von

Hofer Sheila

Bachelorstudiengang Umweltingenieurwesen

Abgabedatum 23.08.2018

Studienrichtung Biologische Landwirtschaft und Hortikultur

Fachkorrektoren:

Prof. Dr. Grunder, Jürg

ZHAW Life Sciences und Facility Management, Grüental, 8820 Wädenswil

Dipl. Ing. Agr. Stüssi, Samuel

Andermatt Biocontrol, Stahlermatten 6, 6146 Grossdietwil

Impressum

Schlagworte: *Halyomorpha halys*, Marmorierte Baumwanze, Stinkwanze, Falle, Vibration, Pheromon, Zucht

Zitiervorschlag: Hofer, S. (2018). Evaluation von Bekämpfungsstrategien gegen Wanzen. Bachelorarbeit, LSFM, ZHAW.

Institut: Zürcher Fachhochschule für angewandte Wissenschaften, Departament für Life Sciences and Facility Management

Abbildung Titelseite: Frisch geschlüpfte *Halyomorpha halys* Nymphen in der ZHAW Zucht auf einer Tränke (Foto von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).

Zusammenfassung

Die Stinkwanze *Halyomorpha halys* (auch marmorierte Baumwanze genannt) kommt ursprünglich aus dem asiatischen Raum. Sie befällt den Gemüse-, Obst- und Zierpflanzenbau. Die Schäden führen dazu, dass zum Teil komplette Kulturen ausfallen, da die Früchte durch die Einstichstellen der Wanzen deformiert, aufgeweicht und/oder geschmacklich verändert sind. *H. halys* spezialisiert sich kaum und befällt deshalb eine sehr grosse Bandbreite von Wirtspflanzen.

In Europa wird der Ursprung der Vermehrung von *H. halys* im Chinagarten Zürich, Schweiz vermutet. Vermutlich wurden die Wanzen im Jahr 1998 über Ziegel importiert, welche als Geschenk von der Volksrepublik China in die Schweiz eingeliefert wurden. Die erste Population wurde 2007 in Zürich bestätigt. Seither vermehrt sich *H. halys* rasant. Alle Nachbarländer der Schweiz sind bereits befallen, sowie einige weitere Länder Europas.

In der Schweiz wurden im Jahr 2017 erstmals grössere Schäden von *H. halys* in Gewächshäusern verschiedener Betriebe wahrgenommen. In Biobetrieben kam es in Peperoni- und Gurkenkulturen teils zu über 60 % Ausfällen.

Für *H. halys* gibt es aktuell biologische Bekämpfungsmethoden, welche jedoch keine zufriedenstellenden Resultate hervorbringen. Beispielsweise die von der Agroscope für den Massenfang von *H. halys* entwickelten und von Andermatt Biocontrol vervielfältigten Pyramidenfallen in Kombination mit Pheromonen. Die Anzahl gefangener Wanzen ist hierbei zu gering. Auch die Bekämpfung durch Insektizide funktioniert nur bedingt. Wirksame Massnahmen gegen *H. halys* werden dringlich gesucht.

Zur Optimierung der Fallenfänge, wurde in dieser Bachelorarbeit die bestehende Pyramidenfalle mit einem Vibrator ausgestattet, welcher die Kommunikation zwischen den männlichen und weiblichen Wanzen zur Fortpflanzung imitiert. Mit den Pheromonen sollen die Wanzen aus der Distanz angelockt werden. Die Vibration an den Fallen wiederum soll dazu führen, dass die Männchen dabei die Weibchen suchen und in die Falle laufen, wo sie durch das vorhandene Silico-Sec getötet werden.

Die Versuche und die Zucht wurden in einer Klimakammer unter optimalen Bedingungen für *H. halys* durchgeführt.

Im Vorversuch wurde ein Biotest entwickelt, wobei festgestellt wurde, dass für Fallenversuche ein Grossraum ohne zusätzliche Gänge zu weiteren Räumen, am besten wirkt. Die Versuchsdauer wurde im Vorversuch auf 3 Stunden festgelegt.

Im Hauptversuch wurden die Verfahren «Falle» (Kontrolle), «Falle mit Pheromon», «Falle mit Vibration» und «Falle mit Vibration und Pheromon» getestet, wobei herausgefunden wurde, dass der Zusatz Vibrationen eine signifikant bessere Fangrate herbeiführten.

Die Fallen inkl. Vibrator werden aktuell in der Masterarbeit von Richard Müller auf dem Feld, unter natürlichen Bedingungen getestet.

Zukünftig wäre es eine vielversprechende Option den Einfluss von Licht in die Falle einzubauen, um die Fangrate erneut zu verbessern.

Abstract

The stink bug *Halyomorpha halys* (also called marbled tree bug) originally comes from Asia. It attacks vegetable, fruit and ornamental plant cultivation. The damage leads to the failure of complete cultures, as the fruits are deformed, softened and/or altered in taste by the feeding sites of the bugs. *H. halys* hardly specializes and therefore infests a very wide range of host plants.

In Europe, the origin of *H. halys* is thought to be the Chinese garden in Zurich, CH. The bugs were presumably imported via bricks in 1998, which were delivered to Switzerland as a gift from the Republic of China. The first population was confirmed in Zurich in 2007. Since then *H. halys* has multiplied rapidly. All neighboring countries of Switzerland are already infected, as well as some other European countries.

In Switzerland, major damage due to *H. halys* in greenhouses was noticed by various companies in 2017 for the first time. In some organic farms, over 60% of pepperoni and cucumber crops were lost.

For *H. halys* there are currently biological control methods, which however do not produce satisfactory results. For example, the pyramid traps developed by Agroscope and reproduced by Andermatt Biocontrol for the mass capture of *H. halys* in combination with pheromones. Therefore the number of trapped bugs is too small. Insecticide control also only works partly. Effective measures against *H. halys* are urgently sought.

To optimize the trap catches, in this bachelor thesis the pyramid trap was equipped with a vibrator, which imitates the communication between the male and female bugs for reproduction. The pheromones are supposed to attract bugs from the distance. The vibration at the traps should lead the males to look for the females and run into the trap, where they are killed by Silico-Sec.

The tests and the breed were carried out in a climatic chamber under optimal conditions for *H. halys*.

In the preliminary test a biotest was developed, whereby it was determined that a large area without additional corridors to further rooms works best for trap tests. The duration of the test was set to 3 hours in the preliminary test.

In the main experiment, the methods «trap» (control), «trap with pheromone», «trap with vibration» and «trap with vibration and pheromone» were tested, whereby it was evaluated that the addition of vibrations resulted in a significantly better catch rate.

The traps incl. vibrator are currently being tested under natural conditions in Richard Müller's master thesis on the field.

In the future, it would be a promising option to incorporate the influence of light into the trap to further improve the catch rate.

Dank

Ich danke Serge Fischer von der Agroscope Changins für das Material, welches er uns für den Aufbau der *Halyomorpha halys* Zucht zur Verfügung gestellt hat. Seine fachlichen Inputs waren stets eine grosse Hilfe.

Der Agroscope Wädenswil danke ich ebenfalls für die Möglichkeit zur Nutzung ihrer Klimakammern für die Zucht.

Auch danke ich Samuel Stüssi von Andermatt Biocontrol für die Zurverfügungstellung des Fallenmaterials für die Versuche und der Fachkorrektur dieser Arbeit.

Des Weiteren danke ich Prof. Dr. Jürg Grunder für die zahlreichen Gespräche, Inputs und Fachkorrektur für diese Bachelorarbeit.

Zudem bedanke ich mich bei Ursula Löffel für ihre wöchentliche Unterstützung bei der Entsorgung der angefallenen Zuchtabfälle und der Koordination des Materials.

Zum Schluss danke ich dem Masterstudenten zum Thema *H. halys*, Richard Müller, mit welchem die enge Zusammenarbeit beim Aufbau der Zucht und Erarbeitung der Experimente sehr angenehm und zielführend waren.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Der Hintergrund	1
1.2	Die Nische	1
1.3	Die Zielsetzungen und Hypothesen	2
2	Theorieteil	3
2.1	Heteroptera.....	3
2.2	<i>Halyomorpha halys</i>	3
2.2.1	Vorkommen.....	3
2.2.2	Schäden.....	3
2.2.3	Lebenszyklus	6
2.2.4	Bisherige Bekämpfungsmethode	9
2.2.5	Vibrationen.....	12
3	Material und Methoden	13
3.1	Versuchsabfolge	13
3.2	Zuchtaufbau <i>Halyomorpha halys</i>	13
3.2.1	Adult-Aufzucht.....	13
3.2.2	Nymphen-Aufzucht.....	14
3.2.3	Erreichen des Adult-Stadiums	14
3.2.4	Eieraufzucht	15
3.3	Fallenaufbau	15
3.3.1	Falle.....	15
3.3.2	Pheromon	15
3.3.3	Vibration.....	16
	18	
3.4	Erstellung eines Biotests (Vorversuch)	19
3.4.1	Bestimmung Aufbau Plexiglasboxen.....	19
3.4.2	Bestimmung Zeit	20
3.5	Sensitivitätstest bestehender und neuer Fallenkonzepte	20
3.5.1	Versuchsaufbau	20
3.5.2	Versuchsablauf	20
4	Ergebnisse	22
4.1	Vorversuch zur Definierung des Biotests	22

4.1.1	Drei Boxen horizontal	22
4.1.2	Zwei Boxen horizontal	22
4.1.3	Zwei Boxen vertikal	23
4.2	Sensibilitätstest Fallenkonzepte	24
4.2.1	Einsatz von Vibration zur Verbesserung der Fallenfänge	24
4.2.2	Vergleich Pulverfänge	25
5	Diskussion	26
5.1	Zucht	26
5.2	Versuche	26
5.2.1	Vorversuch zur Definition von Versuchsraum und Zeitdauer	26
5.2.2	Hauptversuch	26
5.3	Ausblick	27
6	Literaturverzeichnis	28

1 Einleitung

1.1 Der Hintergrund

Die marmorierte Baumwanze, *Halyomorpha halys* ist in den letzten Jahren in der Schweiz vermehrt zum Problem geworden. Nachdem die Wanze 2007 das erste Mal in Zürich (Wermelinger B., 2008) nachgewiesen wurde, hat sie sich in den letzten Jahren stark verbreitet (Haye, Wyniger, & Gariepy, 2014).

H. halys befällt über 200 verschiedene Pflanzen, von welchen viele einen landwirtschaftlichen Nutzen haben. Dies führt zu einem immer grösser werdenden finanziellen Schaden (Sostizzo et al., 2018).

Durch den zunehmenden Befall von *H. halys* in der Schweiz (Sauer et al., 2017), ist das Interesse für Bekämpfungsstrategien stark gestiegen.

Verschiedene biologische Methoden zur Schädlingsbekämpfung wurden bisher getestet. Diverse Forschungsteams haben unterschiedliche Fallenkonzepte getestet, um die Fangrate von *H. halys* zu optimieren. Zwischen der Fallenform (Morrison, Cullum, & Leskey, 2015), der Anwendung von Pheromonen (Morrison et al., 2017), des Einsatzes von Licht (Rice et al., 2017) und weiteren Optimierungen, wurden schon einige Versuche getätigt, welche aber insgesamt noch nicht zu einem zufriedenstellenden Resultat geführt haben (Agroscope, 2018). Deshalb ist es wichtig, dass weitere Optionen erprobt werden, um ein gutes Fallenkonzept zu verwirklichen.

1.2 Die Nische

Durch dass die Problematik mit *Halyomorpha halys* relativ neu und sehr akut in Europa ist, sind jegliche Fortschritte im Bereich der Fallen wichtig. Einige Wissenschaftler weltweit engagieren sich in diesem Thema und vernetzen sich, um schneller, effiziente Lösungen zu finden.

Polajnar, Maistrello, Bertarella, & Mazzoni (2016a) sowohl Mazzoni et al. (2017) haben sich mit den Vibrationen beschäftigt, welche *H. halys* zur Kommunikation zwischen den einzelnen Individuen nutzt. Sie haben festgestellt, dass Weibchen durch spezifische Vibrationen mitteilen, dass sie paarungswillig sind und dadurch Männchen anlocken. Das Potenzial diese Vibrationen in bestehende Fallenmodelle einzubauen und damit bessere Fangresultate zu erzielen, ist vorhanden.

Aktuell gibt es noch keine Publikationen, welche sich mit den Fangraten durch vibrierende Fallen beschäftigen haben. In der Schweiz sind ähnliche Versuche, laut aktuellem Wissensstand, nicht in Planung.

Deshalb wurden bestehende Pyramidenfallen von Andermatt Biocontrol verwendet und mit Vibratoren ausgestattet, um festzustellen, wie sich die Vibrationen, welche aus der Publikation von Polajnar, Maistrello, Bertarella, & Mazzoni (2016a) entnommen wurden, auf die Anzahl Fallenfänge auswirken.

1.3 Die Zielsetzungen und Hypothesen

Die Zielsetzung, welche man in der Aufgabestellung auf dem Onlinetool Complexis einsehen kann, besteht aus folgenden zwei Teilen:

- Aufbau einer *Halyomorpha halys* Zucht in Wädenswil.
- Versuche anhand der Integration von Vibrationen in bestehende Fallenkonstrukte, zur Bestimmung der Fallenfänge.

Die zweite Zielsetzung baut auf der ersten auf.

Durch die Zielsetzungen lassen sich folgende Hypothesen formulieren:

- Ein Aufbau der *Halyomorpha halys* Zucht in Wädenswil wurde erreicht.
- Der Einsatz von Vibrationen in bestehenden Fallenkonstrukten hat einen positiven Einfluss auf die Fangrate von *Halyomorpha halys*.

2 Theorieteil

2.1 Heteroptera

Weltweit gibt es rund 40'000 Arten von Heteroptera (Wanzen). Sie werden grob in Nützlinge und Schädlinge unterteilt. Eine der grössten Untergruppen sind die Stinkkäfer, welche über 4'000 Arten beinhalten. Sie werden aufgrund ihrer grossen Bandbreite von Wirtspflanzen als Hauptschädling betrachtet (Schaefer & Panizzi, 2000).

Halyomorpha halys ist eine Stinkkäferart, auf welche in den folgenden Kapiteln eingegangen wird.

2.2 *Halyomorpha halys*

2.2.1 Vorkommen

Halyomorpha halys oder auch marmorierter Baumwanze genannt, kommt ursprünglich aus der Region China, Japan, Korea und Taiwan (Hoebeke & Carter, 2003). Von dort aus gab es Verschleppungen nach Nord Amerika (inkl. Kanada), Europa und Teilen von Australien und Neuseeland (Zhu et al., 2012).

In Allentown, Pennsylvania wurde das Vorkommen einer Population von *H. halys* das erste mal im Jahr 2001 bestätigt (Hoebeke & Carter, 2003). Jedoch wurde später festgestellt, dass *H. halys* bereits im Jahre 1999 in New Jersey entdeckt, jedoch nicht identifiziert wurde (Hamilton, 2009). Heute befindet sich *H. halys* in fast allen amerikanischen Staaten und breitet sich laut Sichtungen ebenfalls über Kolumbien nach Südamerika aus (Hodgson & Leskey, 2014).

In der Europa wurde *H. halys* vermutlich über Zürich (CH) ausgebreitet. Die erste offizielle Bestimmung einer *H. halys* Population wurde im Jahr 2007 getätigt (Wermelinger, Wyniger, & Forster, 2008). Laut diversen Zeitungsartikeln, unter anderem dem Artikel in der Tageswoche vom 05.04.2018 «Er miefte, frisst unser Obst und es gibt immer mehr davon: Der Stinkkäfer erobert Europa», wird als Ausgangsort der Wanze der Chinagarten in Zürich genannt. Tim Haye habe die Hintergründe der potentiellen Einfuhrmöglichkeiten aus China analysiert und mit DNA-Vergleichen vor Ort feststellen können, dass *H. halys* vermutlich durch eine Ziegellieferung, ein Geschenk der Volksrepublik China, in den Chinagarten Zürich eingereist ist (Oppliger, 2018).

Aus der Schweiz wurden alle Nachbarländer (Deutschland (Heckmann, 2012), Frankreich (Callot & C., 2013), Lichtenstein (Arnold, 2009), Österreich (Rabitsch & Friebe, 2015), Italien (EPPO, 2013)) mit *H. halys* infiltrierte. Die Verbreitung in weitere europäische Länder läuft rasant (Haye et al., 2014).

2.2.2 Schäden

Wirtspflanze

Halyomorpha halys befällt über 200 Wirtspflanzen und richtet im Obst-, Gemüse- und Zierpflanzenbau Schäden an (Sostizzo et al., 2018).

Im Gemüsebau gibt es verschiedene Pflanzenarten, welche *H. halys* für die Eiablage bevorzugt: Zuckermais, Okra, Peperoni, Aubergine und die grüne Bohne. Andere Gemüsesorten werden weniger für die Eiablage bevorzugt, sondern eher als zwischenzeitliche Nahrungsquelle, wie zum Beispiel die Tomatenpflanze,

wobei auch bei solchen Pflanzenarten trotzdem erhebliche Schäden festgestellt werden (Kuhar, et al., 2012b).

Im Feldanbau spezialisiert sich *H. halys* v.a. auf Mais und Soja. Auch auf Weizen, Hopfen, Hirse und Sonnenblume werden befallen. Die Wanzen befallen die Pflanzen in der Regel während des Wachstums bzw. kurz vor der Reife der Frucht (Rice et al., 2014).

Bei einem Befall von *H. halys* in Obstbaumkulturen übernimmt *H. halys* im Vergleich zu den anderen Stinkwanzen die Überhand und dominiert als Schädling die Kulturen (Leskey et al., 2012). *H. halys* bevorzugt v.a. Pfirsiche, Nektarinen, Äpfel und Birnen (Rice et al., 2014).

Befälle in Beerenkulturen, wie bei Heidelbeeren, Himbeeren, Brombeeren und Trauben sind bekannt. Jedoch ist dieser Bereich noch relativ unerforscht (Leskey & Hamilton, 2010). Bei Preiselbeeren wurde bis Anhin noch kein Befall von *H. halys* festgestellt (Rice et al., 2014). In Bezug auf die Weinproduktion gibt es Uneinigkeiten. Zum einen wird behauptet, dass der Einfluss der Wanze (v.a. in Bezug auf Verfärbung und Geschmack) durch die Gärung neutralisiert wird, andererseits wird behauptet, dass der Einfluss von *H. halys* nach der Gärung festzustellen ist (Mohekar, et al., 2014) (Tomasino et al., 2014). *H. halys* nutzen Reben als Reproduktionsstandort, weshalb sie ihre Eier dort ablegen (Pfeiffer, Leskey, & Burrack, 2012).

Im Zierpflanzenbereich findet sich *H. halys* oftmals an Bäumen. Hierbei unterscheidet die Wanze nicht zwischen Gymnospermen oder Angiospermen. *H. halys* wurde bereits auf der *Cypronomia* (Funayama, 2005), *Paulownia* (Hiruki, 1999), *Acer*, *Ailanthus*, *Catalpa*, *Cercis*, *Hibiscus*, *Ilex*, *Magnolia*, *Malus*, *Mimosa*, *Morus*, *Platanus*, *Prunus* und *Syringa* (Bergmann, et al., 2013) gesichtet. Weitere 50 Baumarten werden von *H. halys* als Wirtspflanzen anerkannt (Bernon, 2004). Die Liste wird mit andauernder Beobachtung stets länger (Rice et al., 2014).

Weitere in Europa heimische Wirtspflanzengattungen: *Aronia*, *Sorbus*, *Rosa*, *Amelanchier*, *Campsis*, *Buddleja*, *Decaisnea*, *Asparagus*, *Lupinus*, *Vicia*, *Ipomoea*, *Parthenocissus*, *Aralia*, *Carpinus*, *Laurus*, *Tropaeolum* und *Stewartia* (Wermelinger et al., 2008) (Wyniger & Kment, 2010) (Haye, Ohne Datum).

H. halys wandert zwischen den Kulturen, wenn eine attraktivere Kultur in der Nähe ist. Im Frühjahr sind Kulturen gefährdet, welche sich in der Nähe von potenziellen Überwinterungsstandorten oder Wäldern befinden (Rice et al., 2014).

Schadbild

Halymorpha halys sticht vorwiegend in grüne Pflanzenteile, um die im Pflanzensaft vorhandene Proteine aufzunehmen. Der Speichel wird mit einem Verdauungsenzym durch einen Röhrendurchgang im Rüssel in die Wirtspflanze übertragen. Durch einen zweiten Röhrendurchgang wird das vorverdaute Pflanzenmaterial aufgesogen (Gubler, 2017). Der Speichel in Kombination mit dem Einstich führt beispielsweise zu folgenden Schäden:

- Durch das Einstechen des Mundwerkzeugs kommt es an den Fruchtkörpern oftmals zu Vernarbungen, Verfärbungen, schwammigen Bereichen, Absenkungen oder Deformationen. Bei **Fruchtkörpern mit weichem Fruchtfleisch**, wie beispielsweise der Tomate oder Peperoni, erscheinen die Einstichstellen und deren Umgebung auf der Haut aufgehellert (vergl. Abbildung 1, a), aber auch im Fruchtfleisch kommt es zu weiss-gelblichen Verfärbungen, welche an einen Pilzbefall erinnern (vergl. Abbildung 1, b) (Rice et al., 2014). In der Schweiz wurde bis im Jahr 2017 noch keine durch *H. halys* verursachten Schäden an Tomaten gemeldet (Gubler, 2017).
- **Gurken**, welche von *H. halys* befallen wurden, wachsen oftmals gekrümmt oder sind anderweitig deformiert (Gubler, 2017).
- **Auberginen** weisen dunkle Verfärbungen im Fruchtfleisch auf (Gubler, 2017).
- Bei **Äpfeln** gibt es braune, korkige Verfärbungen im Fruchtfleisch, es kommt auch gelegentlich zum Abfallen der kompletten Frucht (Nielsen & Hamilton, 2009).
- Bei **Beeren** kommt nebst den durch die Einstiche verursachten Schäden oftmals eine geschmackliche Veränderung durch den von *H. halys* hinterlassenen Kot hinzu. Dies ist vor allem im Frischprodukteverkauf problematisch (Rice et al., 2014).
- Beim **Mais** stechen die Wanzen durch die Schale, bis hin zu den einzelnen Körner und hinterlassen diese ausgetrocknet und weiss-bräunlich verfärbt (Rice et al., 2014).
- Bei **Sojabohnen** wurde der Ausbruch des «Stay Green Syndrome» nach *H. halys* Befällen beobachtet. Das heisst, die Sojapflanze verfärbt sich nicht gelb, reift also nicht (Rice et al., 2014).
- Bei **Zierpflanzen** sind v.a. gepunktete bis hin zu Schorfartige Veränderungen auf dem Laub bei *H. halys* Befällen zu beobachten (Hoebeke & Carter, 2003). Auch kommt es vor, dass die *H. halys*, anders als andere Stinkwanzen, die Rinde befällt (Martinson, Raupp, & Shrewsbury, 2013). Die Verletzungen führen zu einem Ausfluss von pflanzeninternen Flüssigkeiten und Verfärbungen an den Einstichstellen (Rice et al., 2014).

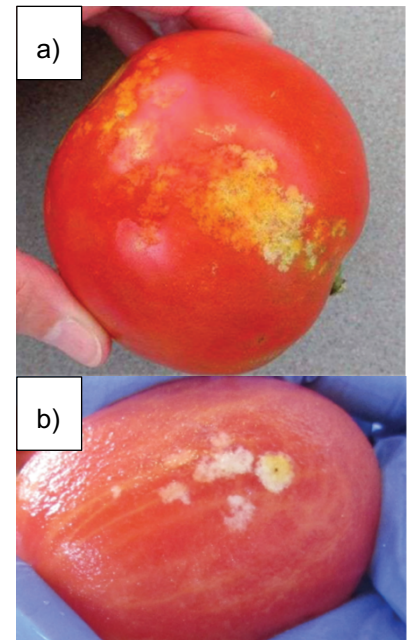


Abbildung 1: Schadbild Einstichspuren von *Halyomorpha halys* bei Tomaten. a) auf der Haut (Foto von Thomas Kuhar). b) auf dem Fruchtfleisch (Foto von Shelby Fleischer, Penn State University).

Generell konnte ein Zusammenhang zwischen Befällen von *H. halys* und dem Absterben von Blütenknospen und jungen Fruchtkörpern im Folgejahr festgestellt werden. *H. halys* führt nicht nur durch die Einstichstellen zu Schäden, sondern auch indirekt durch die Verteilung von Viren (Gubler, 2017) Bakterien oder Pilzen unter den Wirtspflanzen (Rice et al., 2014).

Allgemein lassen sich die Schäden von *H. halys* kaum von gängigen Pflanzenkrankheiten unterscheiden. Deshalb bleiben erste Befälle oftmals unbeachtet (Sostizzo et al., 2018).

Unabhängig der Schäden an den Wirtspflanzen wird *H. halys* zusätzlich als Lästling empfunden. Da der Käfer unter anderem im urbanen Raum nach Überwinterungsplätzen sucht, dringt er zum Teil grosszählig in

Wohnräume ein, wo er vom Menschen unter anderem wegen seines Gestanks nicht toleriert wird (Inkley, 2012).

Finanzen

Halyomorpha halys hat im Jahre 2010 einen Verlust von 37 Millionen US\$ in Apfelkulturen im Atlantischen Raum von Amerika verursacht (Herrick, 2011). Steinfruchtproduzenten haben im selben Zeitraum teilweise über 90 % ihrer Ernte verloren (Leskey & Hamilton, 2010).

In der Schweiz wurden im Jahr 2017 erstmals grössere Schäden von *H. halys* in Gewächshäusern verschiedener Betrieben gemeldet. Die Wanzen sind etwa in der Kalenderwoche (KW) 27 eingeflogen. Ab der 29. KW wurden erste Schäden beobachtet und die grössten Schäden wurden in den KW 34-37 festgestellt. In Biobetrieben kam es deshalb in den Peperoni- und Gurkenkulturen zu über 60 % Ausfällen (Gubler, 2017).

Je mehr Generationen sich pro Saison entwickeln, desto höher fällt der finanzielle Schaden aus (Musolin, 2007).

2.2.3 Lebenszyklus

Winterruhe/Diapause

Die Adulten Wanzen suchen zwischen September und November einen Überwinterungsplatz (Gubler, 2017). Dass *Halyomorpha halys* dabei oftmals einen vom Menschen geschaffenen Raum (z.B. Rollläden) aufsucht, ist in der Familie der Baumwanzen einzigartig. Es führt dazu, dass *H. halys* in urbanen Gebieten gut überleben kann (Kiritani, 2007). Des weiteren überwintert *H. halys* in Bäumen mit borkiger Rinde, wie zum Beispiel die der Eiche (Lee et al., 2014).

Bei rund 10-15°C oder einer Photoperiode von ca. 14.8-15.5 h (Yanagi & Hagihara, 1980) werden die Wanzen wieder aktiv. Weibchen brauchen zusätzlich 148 Gradtage, um die Eierproduktion wieder aufzunehmen (Nielsen, Hamilton, & Matadha, 2008). Die Aktivitätszeit in der Schweiz startet in der Regel im April und endet im Oktober (Sostizzo et al., 2018).

Eier

Die adulten Wanzenweibchen legen 20-30 runde Eier pro Gelege, mit je einem durchschnittlichen Durchmesser von 1 mm, welche durchgehend grünlich bis weiss oder leicht transparent erscheinen (vgl. Abbildung 2) (Sostizzo et al., 2018). Ein Weibchen legt insgesamt bis zu 450 Eier (Gubler, 2017). Die Gelege werden in der Regel an einer Blattunterseite platziert (Takahashi, 1930).

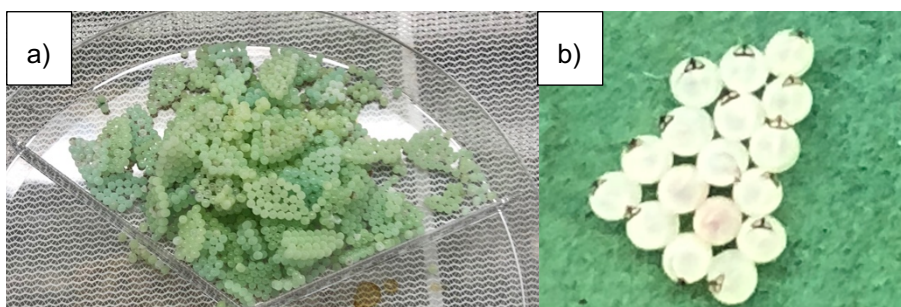


Abbildung 2: Eier von *Halyomorpha halys*. a) zeigt geerntete unge-schlüpfte Gelege aus der Zucht. Bei b) erkennt man geschlüpfte Eier (Fotos von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).

Nymphen

Drei bis vier Tage nachdem die Eier gelegt wurden, schlüpfen die Nymphen aus den Eiern. Diese durchlaufen fünf Juvenilstadien (vgl. Abbildung 3) bis sie das Adultstadium erreichen. Die Grösse der Nymphen variiert je nach Stadium zwischen ca. 2.4 (J1) bis 12 mm (J5) (Nielsen et al., 2008). Die Nymphen unterscheiden sich von den Adulten, durch die noch nicht voll ausgebildeten und nicht sichtbaren Flügel (Haye, 2018).

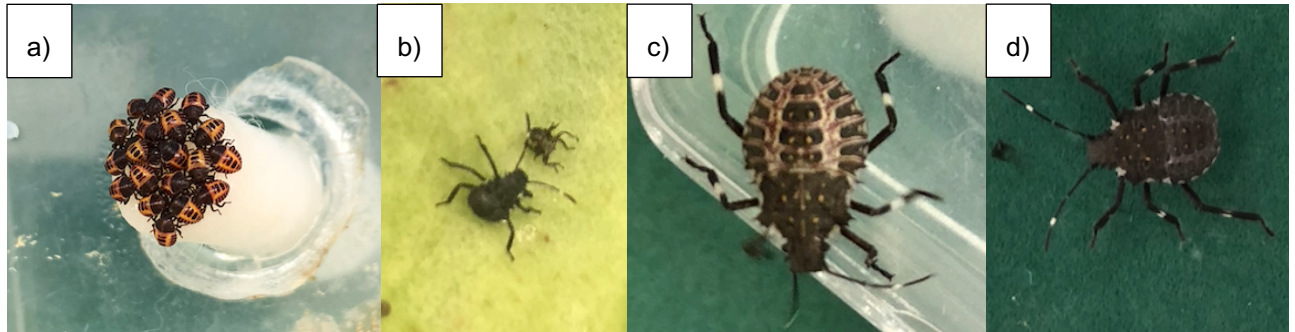


Abbildung 3: Nymphen in den verschiedenen Stadien. a) das erste Juvenilstadium (J1) nach dem Schlüpfen an der Tränke. b) Das zweite Juvenilstadium (J2) neben einer Exuvie. c) Das 3. Juvenilstadium (J3). d) Das 4./5. Juvenilstadium (J4/J5) (Fotos von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).

Die frisch geschlüpften Nymphen (J1) haben einen schwarzen Kopf, einen rot-orangen Körper und rote Augen (Nielsen et al., 2008). Sie verweilen die ersten Tage bei den Eiern und ernähren sich von ihnen (Taylor et al., 2014). Anschliessend suchen sie sich, nach eigenen Beobachtungen aus der Zucht, eine Wasserquelle und häuten sich nach ca. 3-6 Tagen an dieser Stelle.

Ab dem zweiten Juvenilstadium konnte in der Zucht eine Bewegung in der kompletten Aufzuchtbox festgestellt werden. J2 suchen das erste Mal nach einer Wirtspflanze zur Nahrungsaufnahme (Nielsen et al., 2008). Sie erscheinen fast durchgehend schwarz (Haye, 2018). Ab diesem Nymphenstadium verweilen die Nymphen je 6-7 Tage im Stadium, bevor sie sich Häuten (Nielsen et al., 2008).

Bereits ab dem J2 Alter erkennt man die schwarz-weiss gebänderten Antennen. Ab J3 sind auch die Beine schwarz-weiss gebändert und bieten somit die Möglichkeit sie von anderen Wanzenarten zu unterscheiden (Haye, 2018).

Das J3 Stadium hat eine helle Untergrundfarbe mit schwarz-braunen Flächen auf dem hinteren Teil des Körpers. Der Kopf ist schwarz.

Aus den eigenen Beobachtungen der Zucht geht hervor, dass die J4 und J5 Stadien sich kaum unterscheiden, jedoch in ihrer Körpergrösse variieren. In den J4/J5 Stadien erscheinen die ganzen Nymphen, bis auf die gebänderten Antennen und Beine, komplett braun-schwarz.

Allgemein kann es vorkommen, dass in allen Stadien die Wanzen optisch leicht von den üblichen Merkmalen oder der Grösse abweichen.

Adulte

Unter unseren Zuchtbedingungen bei durchgehend 25°C, einer Luftfeuchtigkeit von 70 % und einer Belichtungszeit von 16 h/Tag, erreichten die Nymphen nach durchschnittlich 39 Tagen das Adultstadium. Im natürlichen Durchschnitt benötigt sie 538 Gradtage (~32-35 Tage bei 30°C) bei einer Temperaturspanne zwischen 14 und 35°C, vom Ei bis zur adulten Wanze (Nielsen et al., 2008).

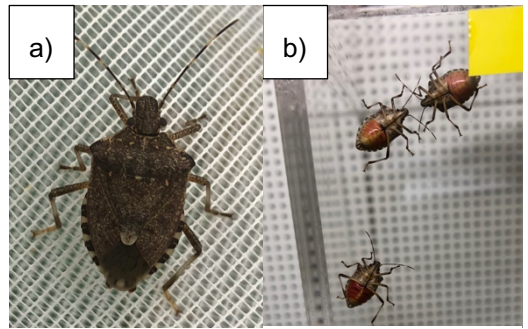


Abbildung 4: a) Adulte Wanze von Oben. b) Adulte männliche (rote Bäuche erkennbar) Wanzen von unten (Fotos von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).

Auf der Alpennordseite der Schweiz wurden bisher eine Generation pro Jahr beobachtet, auf der Alpensüdseite zwei Generationen. In Gewächshäusern gibt es wegen der stabilen Temperaturen vermutlich mehr Generationen als im Freiland (Gubler, 2017). Durch die klimatischen Veränderungen und die dadurch erhöhten Gradtage, wird damit gerechnet, dass sich die Anzahl Generationen und der daraus resultierenden Schäden in den kommenden Jahren zunehmen werden (Musolin, 2007).

Die adulte Wanze (vergl. Abbildung 4) ist zwischen 12 und 17 mm lang. Sie ist braun bis grau meliert. Ihr auffälligstes Erkennungsmerkmal sind die schwarz-weiss gebänderten Antennen, Beine und der Rand des Hinterleibs. Der Dorn auf der Körperunterseite zwischen den Vorderbeinen lässt die adulte marmorierte Baumwanze, von der ebenfalls in der Schweiz heimischen Feldwanze (*Raphigaster nebulosa*), unterscheiden (Sostizzo et al., 2018).

Die adulten Tiere unterscheiden sich durch ihre Grösse, ihrer kantige Form und ihre sichtbaren und funktionstüchtigen Flügel von den Juvenilen (Haye, 2018).

Eine ausgewachsene Wanze kann während 24 Stunden eine Strecke von 2 km absolvieren. Die durchschnittliche Fluggeschwindigkeit inkl. Start- und Landezeit beträgt rund 3 m/s (Lee et al., 2013). Die Flugaktivität variiert während des Jahres. Nach rund 685 Gradtagen ist die Flugaktivität am höchsten (Nielsen et al., 2013).

Männchen und Weibchen haben folgende Erkennungsmerkmale (vergl. Abbildung 5): Das klarste Merkmal ist die Anatomie des Hinterleibs. Bei den Männchen fehlt am Ende des Korpus der letzte Zacken. Weibchen sind zudem durchschnittlich grösser als Männchen (Medal, Smith, & Cruz, 2013). Des Weiteren haben Männchen öfter und einen intensiv rot gefärbten Bauch, wobei dies in der Zucht auch teilweise auch bei Weibchen beobachtet wurde.



Abbildung 5: Auf der linken Seite erkennt man eine männliche Marmorierter Baumwanze. Zu erkennen am fehlenden Zacken am Hinterleib, der rötliche Verfärbung des Bauches und der kleineren Körpergröße. Auf der rechten Seite wird ein Weibchen abgebildet (Jaccard et al., 2015).

Häutung

Jedes Stadium wird mit einer Häutung vollendet. Bei der Häutung reißt die alte Haut bei der Rückennaht auf und die Wanze kann aus der Hülle rausklettern. In den ersten Stunden erscheint die Wanze in einer weiss-roten Farbe (vergl. Abbildung 6, b und c) und ist sehr weich. Die Exuvien (vergl. Abbildung 6, a) werden häufig zahlreich bei den Wirtspflanzen aufgefunden (Haye, 2018).



Abbildung 6: a) Exuvien verschiedener Stadien. b) Ein adultes Individuum nach der Häutung. c) Eine Nympe (4. Stadium) nach der Häutung (Fotos von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).

2.2.4 Bisherige Bekämpfungsmethode

Insektizide

Halyomorpha halys ist im Vergleich zu anderen Stinkwanzen aufgrund ihrer Dickhäutigkeit eher widerstandsfähig gegenüber Insektiziden (Gubler, 2017).

Die zielgerichtete Behandlung v.a. in der Nachblüte konnten Schäden in Obstkulturen durch *H. halys* mildern (Leskey et al., 2012).

Teilweise wurde festgestellt, dass nach Anwendung von Insektiziden die Dichte an sekundärer Schädlingen zugenommen hat, weil dessen natürliche Feinde durch die Behandlung abgetötet wurden (Leskey et al., 2012).

Folgend werden Insektizide aufgelistet, welche im biologischen Landbau zugelassen sind:

- Pyrethrine sowie die Kombination mit Azadirachtin zeigen Teilwirkung gegen *H. halys*. Beide Produkte werden bei Auberginen, Gurken, Peperoni und Tomaten angewendet. Pyrethrine haben eine leicht toxische Wirkung auf Nützlinge. Azadirachtin hat keine Wirkung auf Nützlinge (Gubler, 2017).
- Spinosat, Neemöl, Pyrethrum und Kaliseife zeigten bei Versuchen keinen Rückgang von *H. halys*. Eine mögliche Zuwanderung von neuen Wanzen bei den behandelten Kulturen, konnte jedoch nicht ausgeschlossen werden. Bei allen genannten Insektiziden wurden Nützlinge nachhaltig geschädigt und die Lauspopulation stieg stark an (Gubler, 2017).

Alle folgende Insektizide sind nicht im biologischen Landbau zugelassen und zeigen eine Wirkung von moderat toxisch (50-75 % Mortalität) bis hin zu toxisch (>75 % Mortalität) gegenüber Nützlingen:

- Im Bereich der Pyrethroide (blockieren Natriumkanäle) gibt es drei Wirkstoffe, welche eine letale Wirkung auf *H. halys* zeigen: Cypermethrin (Auberginen, Tomaten, Gurken), Bifenthrin (Auberginen, Peperoni, Tomaten) und Lambda Cyhalothrin (Auberginen, Gurken, Tomaten, Peperoni) (Gubler, 2017).
- Bei den Neonikotinoiden (Kompetitive Bindung an Nikotinischer Acetylcholinrezeptor) gibt es einen funktionierenden Wirkstoff gegen *H. halys*: Acetamiprid (Gurken, Auberginen, Tomaten, Peperoni). Der Wirkstoff wird leicht toxisch gegenüber Nützlingen eingestuft (Gubler, 2017).
- Bei den Carbamate (Acetylcholinesterase Inhibitor) gibt es einen Wirkstoff gegen *H. halys*: Methomyl (Gurken, Tomaten, Auberginen, Peperoni) (Gubler, 2017).
- Bei den Pyridincarboxamide (unbekannter Wirkmechanismus) gibt es einen Wirkstoff gegen *H. halys*: Flonicamid (Auberginen) (Gubler, 2017). Dieser Wirkstoff wirkt nur schwach, ist dafür nützlingschonend (Kuhar et al., 2012a).

Natürliche Feinde von *Halyomorpha halys*

Im asiatischen Raum gibt es diverse Räuber und Parasitoide, welche natürlich vorkommen und *Halyomorpha halys*, bzw. deren Eier befallen. Durch dessen Vorkommen wird *H. halys* in deren Ursprungsgebiet relativ erfolgreich unterdrückt (Yang et al., 2009). Dieses Wissen machen sich einige Wissenschaftler zunutze, indem sie versuchen entsprechende Räuber oder Parasitoide gezielt bei Wanzenbefällen zu platzieren. Dazu zwei biologische Anwendungsbeispiele aus der Schweiz:

- *Trissolcus japonicus* ist eine Schlupfwespe, welche in der Schweiz heimisch ist und *H. halys* parasitiert. Die Schlupfwespe verlässt das Gewächshäuser jedoch zu schnell, um nachhaltig gegen *H. halys* zu wirken. Weitere ausländische Schlupfwespen würden sich ebenfalls als Feind gegen *H. halys* anbieten, jedoch ist der mögliche Einsatz in der Schweiz abzuklären und sie sind deshalb aktuell noch nicht kommerziell erhältlich (Gubler, 2017).
- *Podisus maculiventris* ist eine räuberische Wanze, welche *H. halys* effizient bekämpft (Gubler, 2017). Diese Wanzenart findet man in der Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt (schweizerischen Freisetzungsverordnung, FrSV) von 2008 unter dem Abschnitt «vereinfachtes Bewilligungsverfahren» (Der Schweizerische Bundesrat, 2008). Aktuell laufen Versuche zum Einsatz dieses Räubers gegen *H. halys* (Gubler, 2017).

In den folgenden Familien wurden ebenfalls Befälle gegenüber *H. halys* festgestellt und sind deshalb eine interessante Zielgruppe für zukünftige Versuche: *Anthocoridae*, *Asilidae*, *Chrysopidae*, *Coccinellidae*, *Crabronidae*, *Forficulidae*, *Geocorisae*, *Mantidae*, *Melyridae* und *Reduviidae* (Leskey et al., 2012).

Pheromone

Es wurde festgestellt, dass *Halyomorpha halys* vor allem durch ein zwei-Komponenten Aggregationspheromon angelockt wird: (3S,6S,7R,10S)-10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol und (3R,6S,7R,10S)-10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol (PHER) in Kombination mit methyl (2E,4E,6Z)-decatrienoate (MDT) (Khrimian et al., 2014).

In dieser biologischen Bekämpfungsmethode werden Pheromone mit Fallen kombiniert, um die Wanzen zu fangen oder abzutöten (Beispiel vergl. Abschnitt 3.3.1 Falle).

Weitere biologische Bekämpfungsmethoden

Es gibt diverse verschiedene Methoden, um *H. halys* fernzuhalten oder zu bekämpfen. Aktuell gib es noch keine optimale Lösung. Folgende Auflistung stellt einige Methoden vor:

- Das Installieren von Insektenschutzgitter mit einer Maschenweite zwischen 1 und 1.5 mm bei Lüftungseingängen, führt zu einer Minderung der Einwanderung von Wanzen in das Gewächshaus und somit auch der potenziellen Schäden. Auch andere undichte Stellen des Gewächshauses müssen verschlossen oder mit einem Insektenschutzmittel versehen werden (Gubler, 2017).
- Fluoreszierendes Blaulicht mit 24 Watt hat für *H. halys* eine anlockende Wirkung. Das Blaulicht lockt weniger ungewollte Organismen an als Schwarz- oder Weisslicht (Leskey, et al., 2014). Am besten sind die Fänge in Gewächshäusern nachts bei geschlossenen Lüftungen (Leskey & Nielsen, 2018).
- Gängige Fangpflanzen für *H. halys* sind Sorghum, Soja und Sonnenblumen. Diese können in der Nähe einer zu schützenden Kultur angebaut werden. *H. halys* kann direkt bei den Fangpflanzen bekämpft werden. Beispielsweise durch eine Behandlung mit Insektiziden (je nach Mittel keine biologischen Bekämpfungsmethode). Die Effizienz dieser Methode ist noch nicht erforscht (Gubler, 2017).
- Durch die Installation von Gebläsen an den Kulturseiten, welche durch die Pflanzen blasen, werden Insekten an eine Klebetafel auf der anderen Seite der Pflanzen befördert. Diese Methode bekämpft jedoch auch einige Nützlinge und ist sehr zeitaufwändig im Aufbau (Gubler, 2017).
- Der Einsatz von entomopathogenen Pilzen hat unter Laborbedingungen Erfolge bis zu einer 100 % Tötungsrate gegen *H. halys* gezeigt. Die Pilzsporen der Arten *Beauveria bassiana* und *Metarhizium anisopliae* haben rund 20 Tagen nach dem Kontakt zu *H. halys* zum Tod der Wanze geführt. Je mehr Pilzsporen Kontakt zu den Wanzen hatten, desto höher war die Tötungsrate. Im Versuch wurden bis zu 1×10^7 Konidien/ml angewendet. Eine direkte Auftragung und konstante Luftfeuchtigkeit von über 80 % ist ein wichtiger Faktor. Aussenversuche waren bisher nicht so erfolgreich wie die Laborversuche. Andere dünnhäutigere Wanzenarten wurden durch diese Methode besser bekämpft (Gubler, 2017).

2.2.5 Vibrationen

Die meisten Tiere kommunizieren miteinander. Die übertragenen Informationen reichen von der Koloniebildung bis hin zur Mitteilung der Paarungswilligkeit. Der Mensch nimmt die Kommunikation der meisten Tiere nicht direkt wahr, weil unsere Sinnesorgane dafür nicht genügend ausgebildet sind (Hill & Wessel, 2016).

Ähnlich ist es bei *Halyomorpha halys*. Nebst der Ausstrahlung von Pheromonen zur weitläufigen Signalisierung der Paarungswilligkeit, vibriert das Weibchen, um den Männchen auf kurze Distanz (z.B. auf einer Pflanze) zu zeigen, wo sie sich befinden. Es ist vorstellbar, dass die bisherigen Versuche mit Pheromonen deshalb gescheitert sind, weil die Tiere nur in die Nähe der Falle gekommen sind, aber durch die fehlende Vibration nicht in die Falle gelaufen sind (Polajnar, Mazzoni, & Virant-doherlet, 2016a).

Nachdem die Männchen dem ansteigenden Duftgradienten des Pheromonen gefolgt sind und sich in der Nähe der Weibchen befinden, kommunizieren die Männchen ihre Anwesenheit durch die Vibration «MS-1». Das Weibchen antwortet mit der Vibration «FS-2» damit das Männchen sie findet. Erfolgt kein «FS-2», bewegt das Männchen sich kaum bis gar nicht (Polajnar, Mazzoni, et al., 2016a).

Im Versuch aus der Publikation von Polajnar, Maistrello, Bertarella, & Mazzoni (2016a), wurde festgestellt, dass die Vibration «MS-1» keine lockende Wirkung auf *H. halys* zeigte. «FS-2» wiederum hat die Hälfte der Männchen zum Vibrator geleitet, welcher an einer Pflanze angebracht wurde.

Bei einer anderen Stinkkäferart (*Euschistus heros*) wurde durch das Abspielen einer durchgehenden 75-200 Hz Vibration, eine reduzierte Kommunikation zwischen den Käfern festgestellt, wodurch eine Reduktion der Paarungsaktivitäten um 94.2-100 % stattgefunden hat (Laumann et al., 2018).

Durch dass die Nutzung der Vibrationen noch nicht lange angewendet wird und allgemein noch nicht viel darüber bekannt ist, ist das Potenzial gross, diese Kommunikation bei der Bekämpfung oder Unterdrückung von Organismen zu nutzen (Polajnar et al., 2016b).

3 Material und Methoden

Aus den vorhergehenden theoretischen Grundlagen über *Halyomorpha halys* wurden verschiedene Versuche geplant, welche in den kommenden Abschnitten vorgestellt werden.

3.1 Versuchsabfolge

In der folgenden Tabelle 1 wird der Versuchsaufbau in ihrer Abfolge dargestellt. Während der ganzen Versuchsabfolgen wurde die *Halyomorpha halys* Zucht erhalten. Nach dem anfänglichen Aufbau der Zucht, folgte die externe Produktion des Vibrators für die Falle. Nach Erhalt dessen, wurden Vorversuche zur Definition des Biotests durchgeführt, welcher im letzten Schritt als Hauptversuch in Form eines Sensitivitätstests zur Analyse bestehender und neuer Fallenkonzepte gegen *H. halys* diente.

Tabelle 1: Zeitliche Abfolge der Versuche dieser Bachelorarbeit.

<i>Halyomorpha halys</i> Zucht Erhaltung			
Zuchtaufbau	Produktion Vibrator	Erstellung Biotest	Sensitivitätstest

3.2 Zuchtaufbau *Halyomorpha halys*

Für die Versuche dieser Bachelorarbeit, wie auch der aktuell laufenden Masterarbeit, wurde eine neue *Halyomorpha halys* Zucht an der Agroscope Wädenswil nahe der ZHAW Wädenswil angelegt. Diese soll langfristig betrieben werden und für zukünftige Versuche zur Verfügung stehen.

Die Zucht wurde nach dem Zuchtprotokoll von G. Jaccard, S. Tagini und S. Fischer (2015) geführt. Einige Anpassungen wurden angewendet, welche man dem untenstehenden Text entnehmen kann.

3.2.1 Adult-Aufzucht

Für die adulten Wanzen wurden Frischhaltedosen aus Polypropylen (28x18x8 cm) verwendet. Im Deckel befand sich zur Belüftung ein zugeschnittenes kreisrundes Loch mit dem Durchmesser von 15 cm. Zwischen dem Deckel und der Dose wurde ein Stück Tüll mit einer Maschenweite von 0.5-0.8 mm gelegt. Dieses wurde vorzugsweise halbseitig mit Klebestreifen an der Dose befestigt, um Verschiebungen und die daraus resultierende Fluchtmöglichkeiten zu reduzieren. Die andere Hälfte blieb unbefestigt, um das Aufklappen zur Bearbeitung der Box zu gewährleisten.

In der Dose (vgl. Abbildung 7) befanden sich folgende Elemente: ein bodendeckendes Fliesspapier als Schutz für die Dose gegen Exkremente, ein gefächertes Backpapier zur Eiablage, eine mit Hahnenwasser gefüllte Tränke aus einer kleinen Rechtecksdose aus Polystyrol (65x65x36 mm) mit einem Loch im Deckel, durch welches eine Dental-Watterolle (Durchmesser 10 mm) gesteckt wurde, eine Petrischale mit

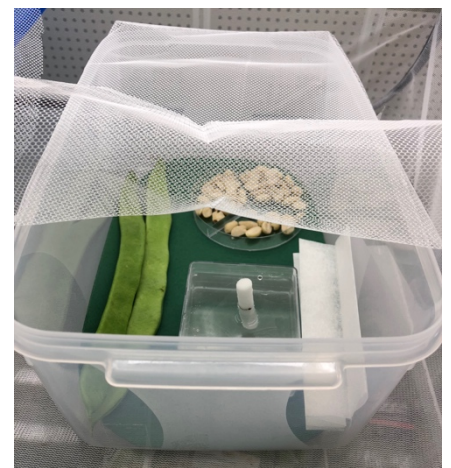


Abbildung 7: Aufzuchtsdose für Adulte und Nymphen mit Bohnen, Ernüssen, Tränke, Fliesspapier und Backpapier zur Eiablage (Foto von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).

Erdnüssen (ungesalzen und ungeröstet) zur Nahrung und zwei flache Bohnen der Marke «Coco» ebenfalls zur Nahrung. Pro Dose wurden rund 30 Adulte Tiere gehalten (Männchen-/Weibchen-Verhältnis ca. 1/1).

Die Wanzen wurden in einer Klimakammer (vergl. Abbildung 8) bei einer Temperatur von 25°C und einer Luftfeuchtigkeit von 70 % gezüchtet. Die Belichtungszeit lag bei 16 h/Tag.

Bevor Anpassungen in der Dose vorgenommen wurden, hat man die Dose inkl. der Wanzen während rund 30 min bei 13°C heruntergekühlt (je kühler, desto ruhiger waren die Wanzen). Durch die Verlangsamung der Wanzen, versuchten diese nicht mehr bzw. weniger erfolgreich zu flüchten. Die Kühlung hielt nicht lange an. Nach rund 5 min waren die Wanzen wieder aktiv.

Die Dosen wurden zweimal wöchentlich kontrolliert. Dabei wurde geschaut, ob das Futter noch frisch ist: keine grösseren Veränderungen der Bohnen und Erdnüsse (farblich, Einstichstellen, Pilz etc.). Der Wasserstand, die Wasserqualität und die Sauberkeit der Dental-Watterolle wurden kontrolliert und bei Bedarf gewechselt. Zudem wurde die Dose nach Eigelegen abgesucht, welche zu entfernen waren. Tote Tiere wurden bei den Kontrollen ebenfalls entfernt.

Im Falle von Milbenbefällen wurde die komplette Dose gewechselt.



Abbildung 8: Wanzenzucht in der Klimakammer (Foto von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).

3.2.2 Nymphen-Aufzucht

Grundsätzlich war der Aufbau und die Handhabung der Nymphen fast identisch, wie die der Adulten. Einzig wurden statt zwei flache Bohnen nur eine deponiert und da in diesem Stadium noch keine Eier gelegt werden, wurde kein gefaltete Backpapier zur Eiablage benötigt.

Es war nicht nötig die Nymphen vor der Handhabung kühlzustellen, da diese verhältnismässig weniger erfolgreich flüchteten als die Adulten. Je älter die Nymphe, desto agiler wurde diese und die Dose wurde nach Bedarf gekühlt.

Tote Tiere und Exuvien wurden bei Bedarf entfernt.

3.2.3 Erreichen des Adult-Stadiums

Sobald die Nymphen die fünf Juvenilstadien durchlaufen und das Adult-Stadium erreicht haben, wurden diese so schnell wie möglich in neue Adult-Dose transferiert. Für Versuche wurden zu diesem Zeitpunkt die Geschlechter getrennt. Für die Zucht wurden weiterhin Männchen und Weibchen zusammengehalten, wie in Kapitel 3.2.1 Adult-Aufzucht beschrieben.

Um Inzucht zu reduzieren, wurden Adulte aus verschiedenen Nymphen-Dosen in eine Adult-Dosen kombiniert. Eine Durchmischung des Erbguts wurde somit erhöht. Wanzen mit optischen erkennbaren Mängeln oder Mutationen wurden entfernt.

3.2.4 Eieraufzucht

Die Eiablagen wurden zweimal wöchentlich geerntet. Die Ablagen auf dem Backpapier wurden ausgeschnitten oder vorsichtig abgenommen. Da die Wanzen ihre Eier fast überall legten, wurde die Dose nach den Gelegen abgesucht. Die Futterbohnen oder die Unterseite des Fliesspapiers waren zum Teil ebenfalls betroffen. Wurde ein Eigelege nicht entfernt, war dieses in der Regel bei der nächsten Kontrolle bereits geschlüpft und die Entfernung der Juvenilen war komplizierter. Zwei Eiablagen aus zwei verschiedenen Adult-Dosen (Reduktion Inzucht) wurden in einer Nymphen-Dosen kombiniert und unter den gleichen Umgebungsfaktoren bewahrt (vergl. 3.2.2 Nymphen-Aufzucht). Die Eiablagen wurden um oder auf der Tränke abgelegt, da die Juvenilen in der Regel als erstes auf Flüssigkeitssuche gehen.

3.3 Fallenaufbau

3.3.1 Falle

Für die Versuche wurden die von Agroscope entwickelten und von Andermatt Biocontrol vervielfältigten Pyramidenfallen gegen *Halyomorpha halys* (vergl. Abbildung 9) als Grundlage verwendet.

Der Topf der Falle wurde für mögliche zukünftige Versuche mit Lichteinfluss schwarz gefärbt.

Der untere Innenraum des Topfaufsatzes wurde mit Silico-Sec von Andermatt Biocontrol (Andermatt Biocontrol, kein Datum,a) befüllt, um die in die Falle eingedrungenen Wanzen, welche in Berührung mit dem Pulver kommen, abzutöten. Sobald das Pulver unter die Flügel gerät, wird das Exoskelett aufgeschnitten und die Wanze innerlich ausgetrocknet, was zur Verendung des Insekts führt.

3.3.2 Pheromon

Für die Fallenzusammensetzung mit Aggregationspheromonen wurde das Trécé-Pheromon ((3S,6S,7R,10S)-10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol und (3R,6S,7R,10S)-10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol (PHER) in Kombination mit methyl (2E,4E,6Z)-decatrienoate (MDT)) von Andermatt Biocontrol gegen *Halyomorpha halys* verwendet (Andermatt Biocontrol, kein Datum,b). Die Pheromonstreifen wurden mit einem Stück Binddraht in der Innenseite des Topf-Aufsatzes beim Wanzen-Eingang montiert.



Abbildung 9:
Pyramidenfalle
mit Vibrator (Foto
von Sheila Hofer,
ZHAW Wädens-
wil).

3.3.3 Vibration

Die Tonspur welche von weiblichen Wanzen zur Paarungsbereitschafts-Kommunikation kommuniziert wird (vergl. 2.2.5 Vibrationen), wurde aus der Publikation von Polajnar, Maistrello, Bertarella, & Mazzoni (2016a) (vergl. Abbildung 11) entnommen und extern von Prof. Dr. Christoph Georg Stamm, ZHAW School of Engineering (Fachgruppe Angewandte Optik) in Zusammenarbeit mit Dr. Thomas Zurbrügg, toz GmbH dupliziert (vergl. Abbildung 12) und auf ein Speichermedium auf einer Platine übertragen.

Damit der Topf der Falle vibriert, wurde oben auf dem Topf ein Vibrator montiert (silberner Aufsatz auf dem Topf in Abbildung 9). Dieser kann mit der Platine, in welcher die Vibrationsfrequenz, -abfolge und -intensität gespeichert ist und einem portablen Akku oder einem Stromanschluss verbunden werden (vergl. Abbildung 10).

Weitere technische Details können der im Februar 2019 erscheinenden Masterarbeit von Richard Müller (Studiengang MSc Umwelt und natürliche Ressourcen) entnommen werden.

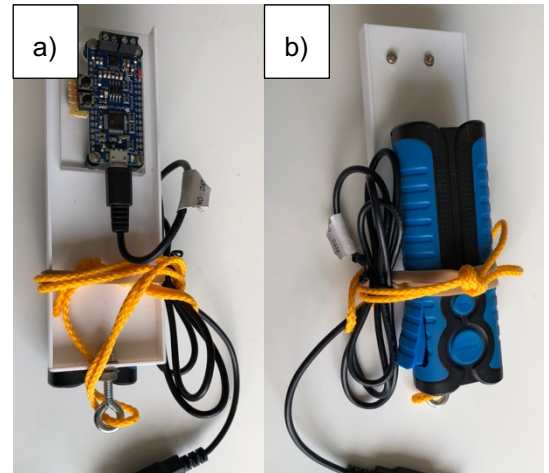


Abbildung 10: a) Platine mit gespeicherten Daten zum Vibrationsablauf, -intensität, -frequenz. Mit Mikro-USB-Anschluss zur Stromversorgung und Anschluss für Verbindungskabel aus Vibrator. b) Powerbank für Stromversorgung (Fotos von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).

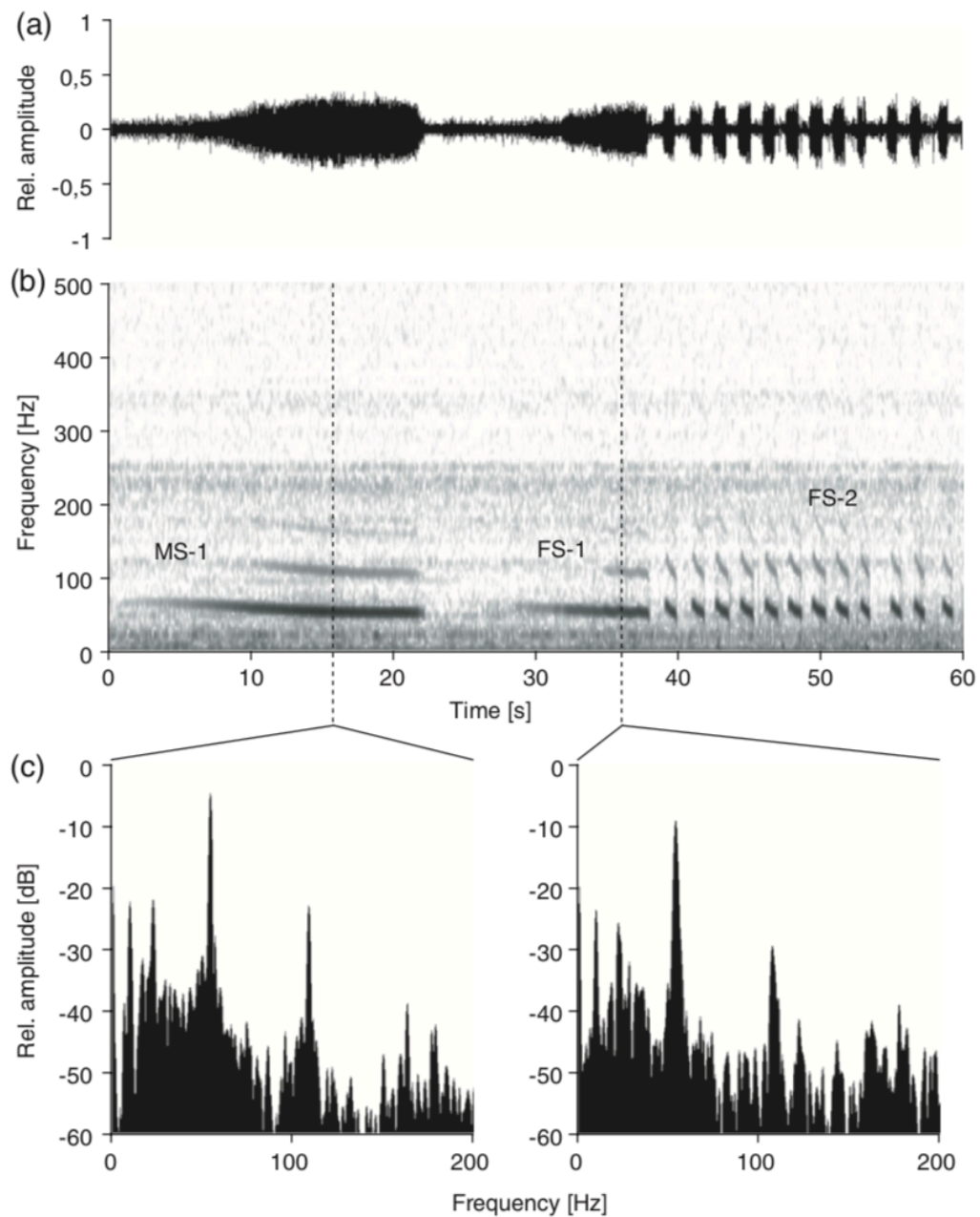


Abbildung 11: Vibrations-Aufnahmen männlicher (MS-1) und weiblicher Wanzen (FS-1/FS-2), zur Kommunikation von Paarungsbereitschaft. a) Oszillogramm, b) Spektrogramm und c) Querschnitt Spektrogramm von MS-1 und FS-1 (Polajnar et al., 2016a).

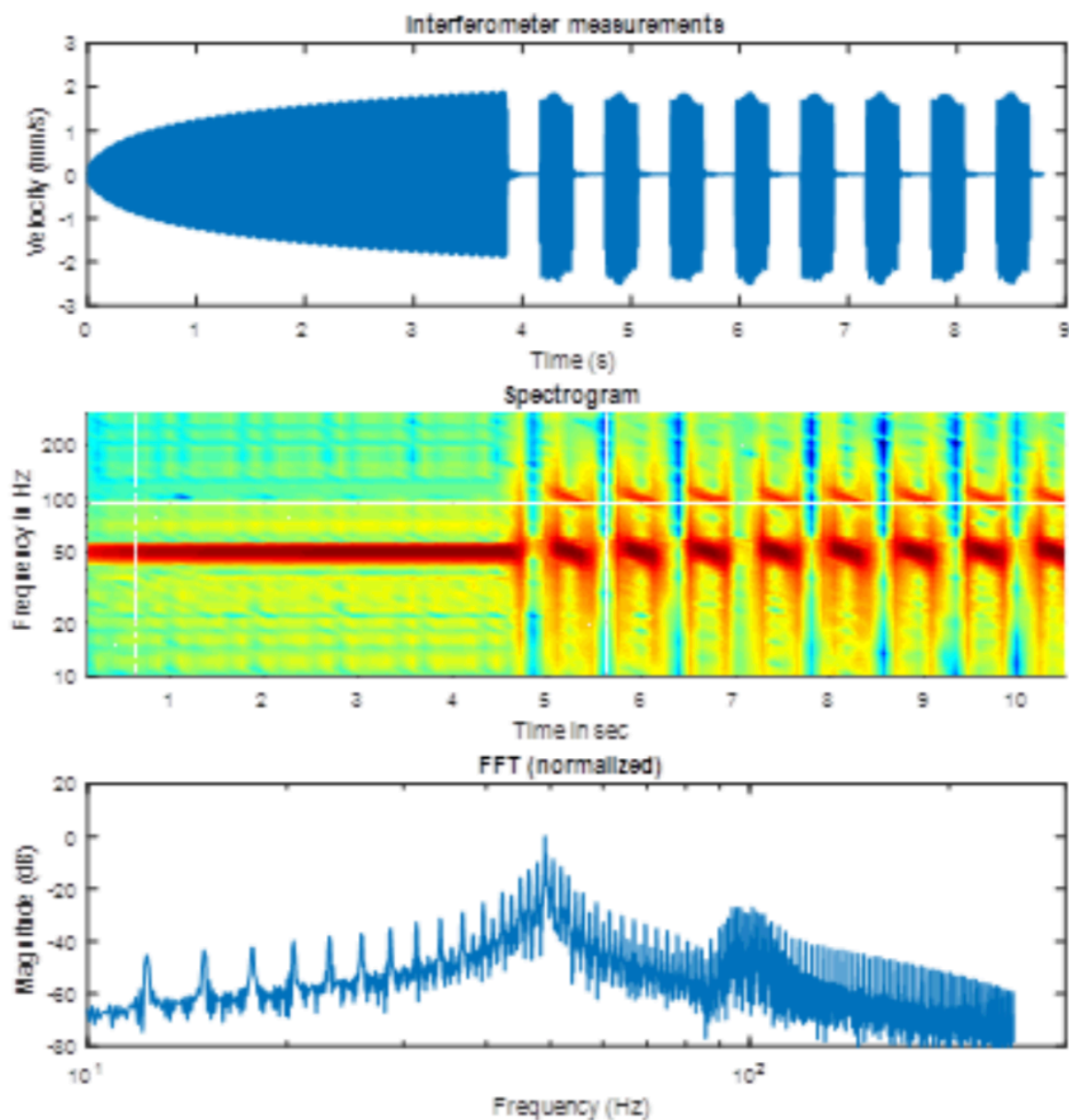


Abbildung 12: Duplizierte Tonspur (Vibration) aus Publikation von Polajnar, Maistrello, Bertarella, & Mazzoni (2016a). Gefertigt von Prof. Dr. Christoph Georg Stamm, ZHAW School of Engineering in Zusammenarbeit mit Dr. Thomas Zurbrügg, toz GmbH (2018) für den Vibrator an der neu konzipierten Falle gegen *Halyomorpha halys*.

3.4 Erstellung eines Biotests (Vorversuch)

Um einen funktionierenden Hauptversuch zu gewährleisten, wurde erst ein funktionierender *in vitro* Biotest entwickelt, welcher den Fallenaufstellungen des Hauptversuchs entspricht.

3.4.1 Bestimmung Aufbau Plexiglasboxen

Drei Boxen horizontal

Zur Bestimmung der Anordnung und Anzahl der Plexiglasboxen, wurden erst drei Plexiglasboxen (50cm x 32cm x 60cm) mit Röhrendurchgang horizontal nebeneinander gestellt (siehe Abbildung 13) und wurde erst ohne Falle, dann mit allen Verfahren («Falle ohne Zusatz» (Kontrolle), «Falle mit Pheromon», «Falle mit Vibration» und «Falle mit Vibration + Pheromon») während je 24 h bei den gleichen Umgebungsbedingungen, wie bei der Zucht, getestet. In der rechten Box (Ausgangsbox) wurden die Wanzen (15 Männchen und 5 Weibchen) ausgesetzt. In der linken Box (Zielbox) befand sich die Falle. In jeder Box wurde simultan zur Aufzuchtbox je zwei Bohnen, eine Petrischale mit Erdnüssen, eine Wassertränke und eine Bodenabdeckung aus Fliesspapier bereitgestellt. Die zusätzlichen Durchgänge an jeder Plexiglasbox, welche nicht als Durchgang zur nächsten Box dienten, wurden mit Netzen und Gummibändern verschlossen.

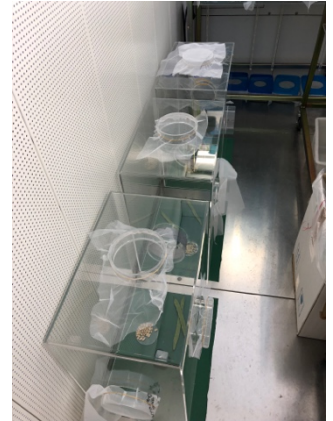


Abbildung 13: Möglicher Versuchsaufbau zur Definition des Versuchsaufbaus für den Hauptversuch mit drei horizontal aufgebauten Plexiglasboxen (Foto von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).

Zwei Boxen horizontal

Nach der ersten Versuchsreihe, wurde die mittlere Plexiglasbox entfernt und die beiden äusseren Boxen horizontal durch den Röhrendurchgang verbunden. Die Ausgangsbox und Zielbox wurden gleichermassen wie beim oberen Abschnitt aufgestellt und nur mit dem Verfahren «Pheromon» getestet.

Eine Wendung der einzelnen Plexiglasboxen um 90°, damit anstatt der Röhrendurchgänge, die beiden offenen Bodenflächen als Durchgang dienen, war nicht möglich. Die Falle ist zu hoch für die Plexiglasbox in dieser Ausrichtung.

Zwei Boxen Vertikal

Als letzte Variante wurden zwei Boxen vertikal übereinander gestapelt und mit Isolierband verschlossen. Es bildeten durch die Bodenöffnungen den Durchgang (siehe Abbildung 14), wodurch ein grosser Raum entsteht, indem sowohl die Ausgangsbox als auch die Zielbox kombiniert wurden. Die Versuchswanzen, die Falle, die zwei Bohnen, die Petrischale mit Erdnüssen, die Bodenabdeckung aus Fliesspapier, als auch die Tränke sind darin vorhanden. Diese Aufstellung wurde mit allen vier Verfahren während je 24 Stunden getestet.



Abbildung 14: Möglicher Versuchsaufbau zur Definition des Versuchsaufbaus für den Hauptversuch mit zwei vertikal gestapelten Plexiglasboxen (Foto von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).

Die Verteilung und Anzahl gefangener Wanzen pro Aufstellung und Verfahren wurden miteinander verglichen und es wurde eruiert, welche die am besten geeignete Aufstellung ist.

3.4.2 Bestimmung Zeit

Jedes der im Kapitel 3.4.1 genannten Verfahren wurde alle 1, 2, 3, 6, 12 und 24 h kontrolliert. Dabei wurde notiert, in welcher Box sich wie viele Wanzen befinden. Am Ende der 24 h wurde die Falle geöffnet, um die genaue Anzahl der darin enthaltenen Individuen zu erfahren. Es wurde unterschieden zwischen Wanzen in der Falle ohne Kontakt zu Silico-Sec und Wanzen in der Falle mit Kontakt zu Silico-Sec.

Die Verteilung und Anzahl gefangener Wanzen pro Zeiteinheit wurden miteinander verglichen und es wurde eruiert, wie lange das Experiment laufen sollte, bis sich die Wanzen verteilt haben und sich die Resultate in den anschliessenden Stunden mehr oder weniger stabilisiert haben. Zusätzlich war es das Ziel, die Versuchszeit so kurz wie möglich zu definieren, um wenn möglich mehrere Versuche pro Tag laufen zu lassen.

3.5 Sensitivitätstest bestehender und neuer Fallenkonzepte

Die Pyramidenfalle (vergl. Kapitel 3.3.1 Falle) wird mit den Zusätzen Pheromone und Vibrationen versehen und getestet.

3.5.1 Versuchsaufbau

Durch den Vorversuch aus dem Kapitel 3.4 wurde die entschieden, dass zwei vertikal gestapelte Plexiglasboxen ohne Röhrendurchgang (vergl. Abbildung 14), als Versuchsaufbau für die Hauptversuche am geeignetsten sind. Die Versuchszeit wurde auf drei Stunden pro Durchlauf definiert.

Es wurden Wanzen gewählt, die mindestens zwei Wochen im Adultstadium waren, damit sie fähig sind Eier zu legen, also als paarungsaktiv gelten und auf Vibrationen oder Pheromone aufmerksam werden sollten. Auch wurde darauf geachtet, keine zu alten Wanzen zu wählen, damit diese noch agil sind. Körperlich eingeschränkte Wanzen wurden nicht für die Versuche verwendet.

Aufgrund der hohen Anzahl Wanzen, welche innert kurzer Zeit verwendet wurden, hat man für die Wiederholungen teilweise Wanzen aus vergangenen Versuchen, welche nicht in Kontakt zu Silico-Sec standen, wiederverwendet. Diese wurden mit Wanzen gemischt, welche noch keine Versuche durchlebt hatten.

Es wurden pro Versuch 15 Männchen und fünf Weibchen in der Versuchsbox freigesetzt. Die Weibchen sollten ein realistischeres Umfeld imitieren und eine Ablenkung zu der Falle darstellen.

Der Versuch wurde in einer Klimakammer unter den gleichen Bedingungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit) wie bei der Zuchten (Kapitel 3.2) durchgeführt.

Die Fallen wurden während der Abläufe unterschiedlich zusammengestellt.

3.5.2 Versuchsablauf

Jede der folgenden Zusammenstellungen wurde nach drei Stunden ausgewertet und je neun Mal wiederholt:

- Falle ohne Zusätze (Kontrolle)
- Falle mit Pheromonen
- Falle mit Vibration
- Falle mit Pheromonen und Vibration

Nach Versuchen mit Pheromonen, wurden am gleichen Tag keine weitere Versuche ohne Pheromone durchgeführt, um während mindestens einer Nacht die Klimakammer zu neutralisieren.

Es wurden je zwei Versuche gleichzeitig durchgeführt («Kontrolle» und «Vibration» oder «Pheromon» und «Pheromon und Vibration»).

Für die Verfahren «Kontrolle» und «Pheromon» wurde eine Falle mit einem durchsichtigen Topf verwendet. Für die Verfahren «Vibration» und «Vibration und Pheromon» wurde die umgebaute Falle mit einem schwarzen Topf und Vibrator (vergl. Abbildung 9) angewendet.

Gezählt wurden die Wanzen, welche sich im Eingangsbereich des Topfes (noch am Holzgestell) und im Topf befanden. Unterschieden wurde zwischen den Wanzen, welche im Kontakt zu Silico-Sec waren und jenen, die es nicht waren.

Zur Signifikanzauswertung wurde das Statistikprogramm R verwendet. Es wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) mit $\alpha=0.05$ durchgeführt. Für die Darstellungen wurde Microsoft Excel verwendet.

4 Ergebnisse

4.1 Vorversuch zur Definierung des Biotests

In den nachfolgenden Tabellen werden die Resultate aus dem Vorversuch zur Definition der Anzahl Boxen und Stunden für den Hauptversuch dargestellt.

4.1.1 Drei Boxen horizontal

Der erste Vorversuch (vergl. Tabelle 2) mit drei nebeneinander liegenden Plexiglasboxen mit Röhrendurchgang zeigt, dass nach 24 h bei den Verfahren «Pheromon», «Vibration» und «Vibration mit Pheromon» keine Fallenfänge zu erkennen waren. Nur in der Kontrolle, bei welcher eine Falle ohne Zusätze aufgestellt wurde, wurden zwei Fänge festgestellt.

Tabelle 2: Vorversuch zur Identifizierung der Anzahl Boxen und Zeit, mit drei nebeneinander liegenden Plexiglasboxen mit Rohrdurchgang.

	Ohne Falle			Falle			Pheromon		
	Ausgangsbox	Mittelbox	Zielbox	Ausgangsbox	Mittelbox	Zielbox	Ausgangsbox	Mittelbox	Zielbox
1h	13	5	2	20	0	0	20	0	0
2h	12	6	2	20	0	0	20	0	0
3h	10	8	2	18	2	0	20	0	0
6h	11	6	3	15	5	0	19	1	0
12h	8	10	2	10	7	3	16	3	1
24h	9	7	4	11	6	3	NA	NA	NA
In Falle	NA			2			0		

	Vibration			Vibration+Pheromon		
	Ausgangsbox	Mittelbox	Zielbox	Ausgangsbox	Mittelbox	Zielbox
1h	19	1	0	20	0	0
2h	18	2	0	20	0	0
3h	17	3	0	20	0	0
6h	17	3	0	15	2	3
12h	13	5	2	15	3	2
24h	10	6	4	9	5	4
In Falle	0			0		

Man erkennt, dass nach 12 h mindestens eine Wanze in allen Verfahren die dritte Box (mit Falle) erreicht hat.

Das Verfahren «Pheromon» wurde nach 12 h abgebrochen, da es genügend Daten zur Auswertung gab.

Sowohl die Anzahl Fänge als auch die Verteilung der Wanzen in den drei Plexiglasboxen waren nicht genügend effizient für den Hauptversuch, weshalb der nächsten Vorversuch um eine Box reduziert wurde.

4.1.2 Zwei Boxen horizontal

In der nachfolgenden Tabelle 3 wird der zweite Vorversuch zur Definition der Anzahl Boxen und Zeit für den Hauptversuch dargestellt. Es wurden zwei Boxen nebeneinander gelegt und mit einem Rohrdurchgang verbunden. Bei dieser Aufstellung wurde nur das Verfahren «Falle mit Pheromonen» getestet.

Man erkennt, dass nach rund 6 Stunden die erste Wanze in die Zielbox gelangt ist. Nach 24 Stunden wurden zwei Fallenfänge festgestellt.

Da diese Resultate nach wie vor nicht den gewünschten Umständen entsprachen, wurden die Resultate ebenfalls als ungenügend eingestuft und der nächste Vorversuch wurde erneut simpler gestaltet.

Tabelle 3: Vorversuch zur Identifizierung der Anzahl Boxen und Zeit, mit zwei nebeneinander liegenden Plexiglasboxen mit Rohrdurchgang.

	Pheromone	
	Ausgangsbox	Zielbox
1h	20	0
2h	20	0
3h	20	0
6h	19	1
12h	17	3
24h	16	4
In Falle	2	

4.1.3 Zwei Boxen vertikal

In der untenstehenden Tabelle 4 wird der dritte Vorversuch zur Identifizierung der Anzahl Boxen, Zeit und Ausrichtung der Boxen dargestellt. Die beiden Plexiglasboxen wurden vertikal aufeinandergestapelt, ohne Röhrendurchgang, durch das die beiden Boxen einen einzelnen Grossraum bildeten. Es wurden alle Verfahren während je 24 h getestet.

Durch das während der Abläufe die Anzahl Wanzen in den Fallen geschätzt wurden, sind diese Zahlen höher, als das Endresultat «In Falle/Pulver», welches durch das Öffnen der Falle die reellen Resultate hervorbrachte.

In der letzten Zeile «In Falle/Pulver» wurde zudem unterschieden, wie viele Wanzen in der Falle sind und keine, bzw. in Berührung mit dem letalen Silico-Sec gekommen sind.

Man erkennt, dass die Verteilung der Individuen nach kurzer Zeit (rund 2 h) zwischen Plexiglasbox und vermutlichen Fallenfängen, im Vergleich zu den vorhergehenden beiden Vorversuchen, deutlich gestiegen ist (zwischen 2 und 13 potenziellen Fängen).

Das Verfahren «Vibration» wurde nach 3h abgebrochen, da es genügend Daten zur Auswertung gab.

Die Versuchszeit für den Hauptversuch wurde anhand dieser Auswertung, auf drei Stunden pro Verfahren gelegt, da sich die Anzahl gefangener Wanzen in diesem Zeitraum zu stabilisieren scheinen. Mit dieser Versuchszeit wurde es möglich, mindestens zwei Versuche pro Tag zu planen.

Die Methode mit den zwei gestapelten Plexiglasboxen, welche einen grossen Raum bilden, wurde aufgrund der erhöhten Anzahl an Fängen, ebenfalls als effizienteste Methode bestimmt und wurde für den Hauptversuch weiterverwendet.

Tabelle 4: Vorversuch zur Identifizierung der Anzahl Boxen und Zeit mit zwei gestapelten Plexiglasboxen ohne Röhrendurchgang.

	Falle		Pheromon		Vibration		Pheromon+Vibration	
	Box	Falle	Box	Falle	Box	Falle	Box	Falle
1h	18	2	8	12	18	2	15	5
2h	18	2	7	13	16	4	10	10
3h	17	3	7	13	NA	NA	9	11
6h	14	6	9	11	NA	NA	8	12
12h	15	5	10	10	NA	NA	9	11
In Falle/Pulver	4/1		10/8		4/1		11/4	

4.2 Sensibilitätstest Fallenkonzepte

4.2.1 Einsatz von Vibration zur Verbesserung der Fallenfänge

In der folgenden Grafik (Abbildung 15) wurden die Resultate aus dem Hauptversuch nach jeweils drei Stunden Versuchszeit dargestellt. Die Tabelle mit den Rohdaten befindet sich im Anhang.

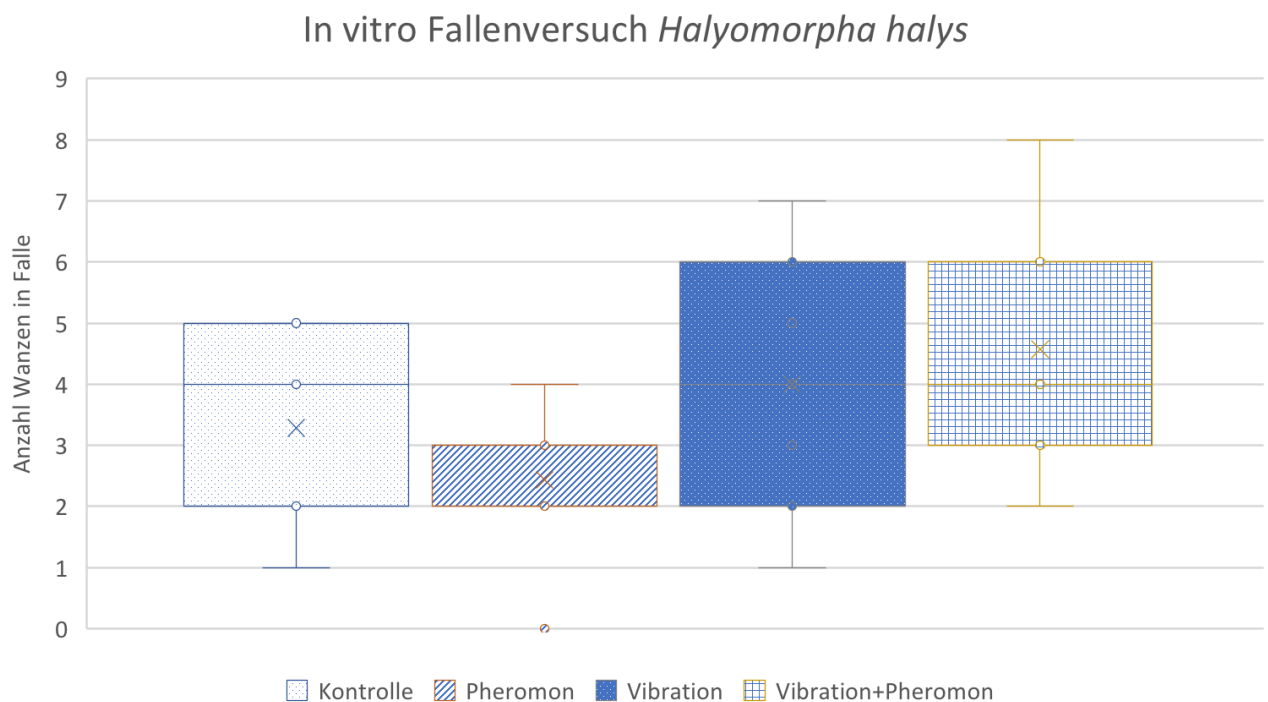


Abbildung 15: Resultate aus dem Hauptversuch «Sensibilitätstest Fallenkonzepte» Vergleich Kontrolle, Pheromon, Vibration und Pheromon + Vibration als Boxplot.

Bei durchschnittlich 9 Wiederholungen und je 20 eingesetzten Wanzen hat das Verfahren «Pheromon und Vibration» mit durchschnittlich rund 4.6 Fängen in drei Stunden, am besten abgeschnitten. Am zweitbesten hat das Verfahren «Vibration» mit durchschnittlich 4 Fängen abgeschnitten. Die beiden Vibrationsverfahren haben statistisch signifikant mehr Fallenfänge als die beiden Verfahren «Kontrolle» und «Pheromon» erzielt.

Die Kontrolle hat wieder Erwartens eine höhere Fangrate erzielt, mit durchschnittlich rund 3.3 Fängen, als das Verfahren «Pheromon», mit durchschnittlich rund 2.4 Fängen nach drei Stunden.

4.2.2 Vergleich Pulverfänge

In der Tabelle 5 wurde der prozentuale Vergleich zwischen der Anzahl Wanzen, welche in Berührung mit Silico-Sec waren, zu denen, welche es nicht waren. Man stellt fest, dass in der Kontrolle (durchschnittlich 30 %), sowohl beim Verfahren «Pheromon» (durchschnittlich rund 49 %) prozentual viel mehr Wanzen Kontakt zum Pulver hatten, als beim Verfahren «nur Vibration» (durchschnittlich rund 3 %) und «Vibration und Pheromon» (durchschnittlich rund 6 %). Bei den prozentual höheren Verfahren wurde die Falle mit dem durchsichtigen Topf verwendet.

Tabelle 5: Resultate prozentualer Vergleich von Wanzenfänge, mit und ohne Berührung mit Silico-Sec.

	Fänge in Kontakt mit Pulver in %			
	Kontrolle	Pheromon	Vibration	Vibration+Pheromon
1. Wiederholung	20	0	0	12.5
2. Wiederholung	50	33.333	0	0
3. Wiederholung	25	100	0	0
4. Wiederholung	0	33.333	0	0
5. Wiederholung	50	0	0	0
6. Wiederholung	0	50	0	0
7. Wiederholung	50	50	0	33.333
8. Wiederholung	0	75	0	0
9. Wiederholung	75	100	25	12.5
Durchschnitt	30	49.074	2.778	6.481

5 Diskussion

5.1 Zucht

Die Hypothese «Ein Aufbau der *Halyomorpha halys* Zucht in Wädenswil wurde erreicht.» konnte bestätigt werden.

Die Wanzen waren verhältnismässig anspruchslos und haben sich während der Dauer dieser Bachelorarbeit aktiv fortgepflanzt. Es ist zu keinen größeren Problemen gekommen.

Während der Aufzucht konnten nebenbei die Verhaltensmuster der Wanzen in ihren verschiedenen Stadien beobachtet werden, was für die Weiterentwicklung von Versuchen und Fallen von Vorteil ist.

Für zukünftige Versuche würde die Anzahl adulten Wanzen besser koordiniert werden. Da aber mit einer Vorlaufzeit von rund 39 Tagen gerechnet werden muss, von den Eiern bis hin zu den adulten Wanzen, muss die Planung für die Anzahl der Individuen relativ früh stattfinden. Im Falle dieser Bachelorarbeit konnte diese Vorlaufzeit nicht eingeschätzt werden, weshalb Wanzen im Hauptversuch teils «recycelt» wurden. Im optimalen Fall hätten für jeden Versuch frische Wanzen zur Verfügung gestanden.

5.2 Versuche

5.2.1 Vorversuch zur Definition von Versuchsraum und Zeitdauer

Der Vorversuch wurde mit drei horizontalen Boxen mit Röhrendurchgang gestartet. Die Vermutung lag nahe, dass die Wanzen den Weg durch die Röhren finden, sobald Pheromone eingesetzt würden. Ähnlich wie auf dem Feld zwischen Ästen und Blätter. Da dies aber nicht der Fall war, wird vermutet, dass den Wanzen die Umstände in der Ausgangsbox (Weibchen vor Ort) bereits so gut gefallen hat, dass diese dem zunehmenden Pheromongradient nicht folgen wollten.

Trotz der Verwendung einer mehr oder weniger hindernislosen Aufstellung, konnte im Hauptversuch ein signifikanter Unterschied von der Kontrolle zu den vibrierenden Verfahren festgestellt werden. Es wurden also neben zufälligen Fängen auch gezielte Eintritte in die Falle registriert.

Die Zeitdauer der Versuche wurde mit 3 h relativ knapp angesetzt. Im Feld würden die Fallen wesentlich länger stehen gelassen, wodurch mehr Wanzen gefangen würden.

5.2.2 Hauptversuch

Die Hypothese, «Der Einsatz von Vibrationen in bestehenden Fallenkonstrukten hat einen positiven Einfluss auf die Fangrate von *Halyomorpha halys*.», konnte bewiesen werden. Die Vibrationen führten zu signifikant mehr Fallenfänge und kann somit grundsätzlich als positiven Zusatz zur bestehenden Falle angesehen werden. Um sicherzugehen, dass die Falle für den Konsumenten geeignet ist, müssen die Versuche unter realen Bedingungen auf dem Feld wiederholt werden. Dies wird aktuell in der Masterarbeit von Richard Müller an der ZHAW Wädenswil durchgeführt.

Kontrovers war das Resultat, dass die Falle mit dem Verfahren «Pheromonen», schlechter abgeschnitten hat als die Kontrolle. Hierfür wurde keine abschliessende Erklärung gefunden. Dazu zwei Theorien:

- Die Pheromone hatten im kleinen Raum eine verwirrende, wenn nicht sogar abstossende Wirkung. Man vermutet, dass die Männchen bei Aggregationspheromonen nicht zur Quelle laufen, sondern nur in die Nähe, um die Konkurrenz zu reduzieren. Da die Quelle in den Versuchen die Falle ist, könnte diese aktiv gemieden worden sein.
Wurden die Pheromone mit Vibrationen kombiniert, war die Falle laut den Resultaten wieder attraktiver. Dies hat möglicherweise damit zu tun, dass es für die Wanze eine erfolgversprechendere Paarungsmöglichkeit darstellte.
- Die fünf Weibchen, welche sich im gleichen Raum befanden, haben ebenfalls Pheromone verteilt. Deshalb war der komplette Versuchsraum mit Pheromonen gefüllt und es war kein abnehmender Duftgradient zu erkennen. Die Wanzen konnten dem zunehmenden Pheromongradienten somit nicht folgen. Dies würde wiederum nicht direkt erklären, weshalb die Wanzen bei der Kontrolle vermehrt gefangen wurden.

5.3 Ausblick

In den folgenden Abschnitten werden verschiedene Ausblicke in Bezug auf *Halyomorpha halys* dargestellt.

- Die Versuche mit den Vibrationen als Lockmittel, um *H. halys* in die Falle zu locken, werden aktuell in der Masterarbeit von Richard Müller auf dem Feld unter halbnatürlichen und natürlichen Bedingungen untersucht. Sollten diese Resultate ebenfalls positiv sein, wird abgeklärt, ob und wie das Produkt den Konsumenten angeboten werden könnte.
- Die jetzigen Vibrationen, welche aus den Diagrammen von der Publikation von Polajnar, Maistrello, Bertarella, & Mazzoni (2016a) entnommen und dupliziert wurden, könnte vermutlich optimiert werden, wenn man eigene Aufnahmen der Vibrationen tätigen würde. Hierzu wurde am Anfang der Bachelorarbeit versucht die Vibrationen selbst mit einem Aufnahmegerät (Sony Linear PCM Recorder PCM-M10) aufzunehmen. Da keine optimale Umgebung ohne Geräusche geschaffen werden konnte und das Aufnahmegerät den Schwerpunkt nicht auf Aufnahmen mit tiefen Frequenzen hat, konnte keine geeignete Tonspur der Vibrationen generiert werden. Mit einem Laserdetektor sollte die Aufnahme jedoch möglich sein.
- Da die klimatische Veränderung die Sommer verlängert und laufend erwärmt, ist damit zu rechnen, dass *H. halys* die Anzahl Generationen pro Jahr erhöhen wird, was vergleichsweise zu hohen Schäden führen wird. Deshalb ist es umso wichtiger, die bestmögliche Falle zu erstellen, um die Populationen so gut und so früh wie möglich einzudämmen.
- *H. halys* mit Licht anzulocken wurde in verschiedenen Publikationen behandelt. Allenfalls wäre es eine Option, bestehende Fallen mit Vibration und dem zusätzlichen Faktor Licht zu optimieren.

Weitere Forschung im Bereich von *H. halys* ist unverzichtbar und wird hoffentlich bald zufriedenstellende Resultate aufweisen.

6 Literaturverzeichnis

- Agroscope. (2018). *agroscope.admin.ch*. Abgerufen am August 2018 von Überwachung und Bekämpfung: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/themen/pflanzenbau/pflanzenschutz/halyomorpha/halyomorpha-surveillance-lutte.html>
- Andermatt Biocontrol. (kein Datum,a). *biocontrol.ch*. Abgerufen am Juli 2018 von Silico-Sec: https://www.biocontrol.ch/de_bc/silico-sec
- Andermatt Biocontrol. (kein Datum,b). *biocontrol.ch*. Abgerufen am Juli 2018 von Wanzenfalle: https://www.biocontrol.ch/de_bc/wanzenfalle
- Arnold, K. (2009). *Halyomorpha halys* (Stål, 1855), eine für die europäische Fauna neu nachgewiesene Wanzenart (Insecta: Heteroptera: Pentatomidae: Cappaeini). Mitteilungen des Thüringer Entomologenverbandes.
- Bergmann, E., Bernhard, K., Bernon, G., Bickerton, M., Gill, S., Gonzales, C., . . . al., e. (2013). *Host plants of the brown marmorated stink bug in the U.S.* Abgerufen am August 2018 von http://www.stopbmsb.org/where-is-bmsb/host-plants/#host_plants_table
- Bernon, G. (2004). *Biology of Halyomorpha halys, the brown marmorated stink bug (BMSB)*. U.S. Dep. Agric. APHIS CPHST, 17. Final Report 2004 T3P01.
- Biddinger, D., Tooker, J., Surcica, A., & Krawzyk, G. (2012). *Survey of native biocontrol agents of brown marmorated stink bug in Pennsylvania fruit orchards and adjacent habitat*. Pa. Fruit News.
- Callot, H., & C., B. (2013). *L'Entomologiste*.
- EPPO. (2013). *European and Mediterranean Plant Protection Organization Reporting Service No 5*. Pest & Diseases.
- Funayama, K. (2005). *Does the brown-marmorated stink bug, Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) reproduce by feeding on the cones of Japanese cedar, *Cryptomeria japonica* D. Don?. Japn. J. Appl. Entomol. Zool.
- Gubler, C. (2017). Wanzen im Gewächshaus : Identifikation und Bekämpfung. *Strickhof*, 1–9.
- Hamilton, G. C. (2009). Brown Marmorated Stink Bug. *American Entomologist*, 55(1), 19–20. <http://doi.org/10.1093/ae/55.1.19>
- Haye, T., Wyniger, D., & Garipey, T. (2014). Recent range expansion of brown marmorated stink bug in Europe. *Proceedings of the Eighth International Conference on Urban Pests*, (2011), 309–314.
- Haye, T. (April 2018). *halyomorphahalys.com*. Abgerufen am 25. Juli 2018 von Biologie: <https://www.halyomorphahalys.com/biologie-und-lebenszyklus-biology-and-life-cycle.html>
- Haye, T. (Ohne Datum). *halyomorphahalys.com*. Abgerufen am August 2018 von Wirtspflanzen: <https://www.halyomorphahalys.com/wirtspflanzen-host-plants.html>

- Heckmann, R. (2012). Erster Nachweis von *Halyomorpha halys* (Stål, 1855)(Heteroptera: Pentatomidae) für Deutschland. *Heteropteron*, 36, 17–18. Retrieved from [http://scholar.google.com/scholar?q=Erster+Nachweis+von+Halyomorpha+halys+\(STAL,+1855\)+\(Heteroptera:+Pentatomidae\)+fur+Deutschlan&btnG=&hl=en&as_sdt=0,24#0](http://scholar.google.com/scholar?q=Erster+Nachweis+von+Halyomorpha+halys+(STAL,+1855)+(Heteroptera:+Pentatomidae)+fur+Deutschlan&btnG=&hl=en&as_sdt=0,24#0)
- Herrick, C. (14. April 2011). Brown Marmorated Stink Bug Causes \$37 Million In Losses To Mid-Atlantic Apple Growers. *Growing Produce*.
- Hill, P. S. M., & Wessel, A. (2016). Biotremology. *Current Biology*, 26(5), R187–R191. <http://doi.org/10.1016/j.cub.2016.01.054>
- Hiruki, C. (1999). *Paulownia witches'-broom disease important in East Asia*. *Acta Hortic.*
- Hodgson, E. W., & Leskey, T. C. (2014). Biology, distribution and management of brown marmorated stink bug. *Integrated Crop Management Conference - Iowa State University*, 75–77.
- Hoebeke, E. R., & Carter, M. E. (2003). *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): A polyphagous plant pest from asia newly detected in north america. *Proc. Entomol. Soc. Wash.*, 105(1), 225–237. Retrieved from <http://www.biodiversitylibrary.org/page/16263205>
- Inkley, D. B. (2012). Characteristics of Home Invasion by the Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Entomological Science*, 47(2), 125–130. <http://doi.org/10.18474/0749-8004-47.2.125>
- Jaccard, G., Tagini, S., & Fischer, S. (2015). *Halyomorpha halys*: méthode d ' élevage. *Agroscope Changins*, 1–10.
- Khrimian, A., Zhang, A., Weber, D. C., Ho, H. Y., Aldrich, J. R., Vermillion, K. E., ... Leskey, T. C. (2014). Discovery of the aggregation pheromone of the brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*) through the creation of stereoisomeric libraries of 1-bisabolen-3-ols. *Journal of Natural Products*, 77(7), 1708–1717. <http://doi.org/10.1021/np5003753>
- Kiritani, K. (2007). The impact of global warming and land-use change on the pest status of rice and fruit bugs (Heteroptera) in Japan. *Global Change Biology*, 13(8), 1586–1595. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01397.x>
- Kuhar, T., Doughty, H., Kamminga, K., Philips, C., Aigner, J., Wallingford, A., ... Hall, P. (2012). Performance of Insecticides on Brown Marmorated Stink Bug on Vegetables. *VirginiaTech*, 1.
- Kuhar, T., Kamminga, K., Whalen, J., Dively, G., Brust, G., Hooks, C., . . . Herbert, D. (2012). *The pest potential of brown marmorated stink bug on vegetable crops*. *Plant Health Progress*.
- Laumann, R. A., Maccagnan, D. H. B., Čokl, A., Blassioli-Moraes, M. C., & Borges, M. (2018). Substrate-borne vibrations disrupt the mating behaviors of the neotropical brown stink bug , *Euschistus heros* : implic *Journal of Pest Science*, 1–10. <http://doi.org/10.1007/s10340-018-0961-5>

- Lee, D.-H., Wright, S. E., Boiteau, G., Vincent, C., & Leskey, T. C. (2013). Effectiveness of Glues for Harmonic Radar Tag Attachment on *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) and Their Impact on Adult Survivorship and Mobility. *Environmental Entomology*, 42(3), 515–523. <http://doi.org/10.1603/EN12320>
- Lee, D. H., Cullum, J. P., Anderson, J. L., Daugherty, J. L., Beckett, L. M., & Leskey, T. C. (2014). Characterization of overwintering sites of the invasive brown marmorated stink bug in natural landscapes using human surveyors and detector canines. *PLoS ONE*, 9(4), 1–9. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0091575>
- Leskey, T. C., & Hamilton, G. C. (2010). Brown Marmorated Stink Bug Work-ing Group Meeting, 1–9.
- Leskey, T. C., Short, B. D., Butler, B. R., & Wright, S. E. (2012). Impact of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål), in mid-Atlantic tree fruit orchards in the United States: Case studies of commercial management. *Psyche*, 2012, 14. <http://doi.org/10.1155/2012/535062>
- Leskey, T., Hamilton, G., Biddinger, D., Buffington, M., Dieckhoff, C., Dively, G., . . . al., e. (2014). *Datasheet for Halyomorpha halys* (Stål), (Hemiptera: Pentatomidae). Wallingford, United Kingdom: Crop Protection Compendium. CAB International.
- Leskey, T. C., & Nielsen, A. L. (2018). Impact of the Invasive Brown Marmorated Stink Bug in North America and Europe : History , Biology , Ecology , and Management. *ResearchGate*, 599–618.
- Martinson, H. M., Raupp, M. J., & Shrewsbury, P. M. (2013). Invasive Stink Bug Wounds Trees, Liberates Sugars, and Facilitates Native Hymenoptera. *Annals of the Entomological Society of America*, 106(1), 47–52. <http://doi.org/10.1603/AN12088>
- Medal, J., Smith, T., & Cruz, A. S. (2013). Biology of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in the laboratory. *Florida Entomologist*, 96(3), 1209–1212. <http://doi.org/10.1653/024.096.0370>
- Mohekar, P., Wiman, N., Osborne, J., Hedstrom, C., Walton, V., & Tomasino, E. (2014). *Postharvest impact of brown marmorated stink bug in wine 88th Annual Orchard Pest an Disease Management Conference*. Portland.
- Morrison, W. R., Cullum, J. P., & Leskey, T. C. (2015). Evaluation of Trap Designs and Deployment Strategies for Capturing *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 108(4), 1–10. <http://doi.org/10.1093/jee/tov159>
- Morrison, W. R., Milonas, P., Kapantaidaki, D. E., Cesari, M., Di Bella, E., Guidetti, R., ... Leskey, T. C. (2017). Attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera : Pentatomidae) haplotypes in North America and Europe to baited traps. *Scientific Reports*, 7, 1–11. <http://doi.org/10.1038/s41598-017-17233-0>
- Musolin, D. L. (2007). Insects in a warmer world: Ecological, physiological and life-history responses of true bugs (Heteroptera) to climate change. *Global Change Biology*, 13(8), 1565–1585. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01395.x>

- Nielsen, A. L., Hamilton, G. C., & Matadha, D. (2008). Developmental Rate Estimation and Life Table Analysis for *Halyomorpha halys* (Hemiptera : Pentatomidae). *Physiological Ecology*, 37(2), 348–355.
- Nielsen, A. L., & Hamilton, G. C. (2009). Seasonal Occurrence and Impact of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Tree Fruit. *Journal of Economic Entomology*, 102(3), 1133–1140. <http://doi.org/10.1603/029.102.0335>
- Nielsen, A., Holmstrom, K., Hamilton, G., Cambridge, J., & Ingerson-Mahar, J. (2013). *Use of black light traps to monitor the abundance and spread of the brown marmorated stink bug*. *Entomol.*
- Oppliger, M. (5. April 2018). Er miefte, frisst unser Obst und es gibt immer mehr davon: Der Stinkkäfer erobert Europa. *TagesWoche*.
- Pfeiffer, D. G., Leskey, T. C., & Burrack, H. J. (2012). Threatening the Harvest: The Threat from Three Invasive Insects in Late Season Vineyards. *Arthropod Management in Vineyards: Pests, Approaches, and Future Directions*, Springer, 449–474. <http://doi.org/10.1007/978-94-007-4032-7>
- Polajnar, J., Maistrello, L., Bertarella, A., & Mazzoni, V. (2016a). Vibrational communication of the brown marmorated stink bug (*Halyomorpha halys*). *Physiological Entomology*, 41(3), 249–259. <http://doi.org/10.1111/phen.12150>
- Polajnar, J., Mazzoni, V., & Virant-doberlet, M. (2016b). Advances in understanding and exploiting insect vibrational communication. *7th AAAA Congress on Sound and Vibration*, 157–164.
- Rabitsch, W., & Friebe, G. J. (2015). From the west and from the east? First records of *Halyomorpha halys* (STÅL, 1855) (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) in Vorarlberg and Vienna, Austria. *Beiträge Zur Entomofaunistik*, 16(115–139), 126–129.
- Rice, K. B., Bergh, C. J., Bergmann, E. J., Biddinger, D. J., Dieckhoff, C., Dively, G., ... Tooker, J. F. (2014). Biology, Ecology, and Management of Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 5(3), 1–13. <http://doi.org/10.1603/IPM14002>
- Rice, K. B., Cullum, J. P., Wiman, N. G., Hilton, R., & Leskey, T. C. (2017). *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) Response to Pyramid Traps Baited with Attractive Light and Pheromonal Stimuli. *Florida Entomologist*, 100(2), 449–453. <http://doi.org/10.1653/024.100.0207>
- Sauer, C., Lutz, M., Fischer, S., Albertoni, L., Jermini, M., & Koller, M. (2017). Gemüsebau Info. *Extension Gemüsebau*, 22, 1–8.
- Schaefer, C. W., & Panizzi, A. R. (2000). *Heteroptera of Economic Importance*. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC.
- Sostizzo, T., Vogler, U., Egger, B., Kehrli, P., Sauer, C., & Zwahlen, D. (2018). Marmorierte Baumwanze - *Halyomorpha halys*. *Agroscope Merkblatt*, (71), 1–2.
- Takahashi, S. (1930). *Halyomorpha picus* Fab. Insect Pests on Fruit Trees.

- Taylor, C. M., Coffey, P. L., DeLay, B. D., & Dively, G. P. (2014). The importance of gut symbionts in the development of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål). *PLoS ONE*, 9(3), 1–9. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0090312>
- Tomasino, E., Wiman, N., Osborne, J., Hedstrom, C., & Walton, V. (2014). *Impact of brown marmorated stink bug in Pinot noir wine quality 64th American Society for Enology and Viticulture Naational CinfERENCE*. Monterey.
- Verordnung über den Umgang mit Organismen in der Umwelt (Freisetzungsverordnung, FrSV). (10. September 2008). SR 814.911 (Stand am 1. Februar 2016).
- Wermelinger, B., Wyniger, D., & Forster, B. (2008). First records of an invasive bug in Europe: *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees? *Bulletin de La Société Entomologique Suisse*, 81, 1–8.
- Wyniger, D., & Kment, P. (2010). Key for the separation of *Halyomorpha halys* (Stål) from similar-appearing pentatomids (Insecta: Heteroptera: Pentatomidae) occurring in Central Europe, with new Swiss records. *Mitteilungen Der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 83(3–4), 261–270.
- Yang, Z.-Q., Yao, Y.-X., Qiu, L.-F., & Li, Z.-X. (2009). A New Species of *Trissolcus* (Hymenoptera: Scelionidae) Parasitizing Eggs of *Halyomorpha Halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in China with Comments on its Biology. *Annals of the Entomological Society of America*, 102(1), 39–47. <http://doi.org/10.1603/008.102.0104>
- Yanagi, T., & Hagihara, Y. (1980). *Ecology of the brown marmorated stink bug*. Plant Prot.
- Zhu, G., Bu, W., Gao, Y., & Liu, G. (2012). Potential geographic distribution of brown marmorated stink bug invasion (*Halyomorpha halys*). *PLoS ONE*, 7(2), 1–10. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0031246>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schadbild Einstichspuren von <i>Halyomorpha halys</i> bei Tomaten. a) auf der Haut (Foto von Thomas Kuhar). b) auf dem Fruchtfleisch (Foto von Shelby Fleischer, Penn State University).	5
Abbildung 2: Eier von <i>Halyomorpha halys</i> . a) zeigt geerntete ungeschlüpfte Gelege aus der Zucht. Bei b) erkennt man geschlüpfte Eier (Fotos von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).....	6
Abbildung 3: Nymphen in den verschiedenen Stadien. a) das erste Juvenilstadium (J1) nach dem Schlüpfen an der Tränke. b) Das zweite Juvenilstadium (J2) neben einer Exuvie. c) Das 3. Juvenilstadium (J3). d) Das 4./5. Juvenilstadium (J4/J5) (Fotos von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).	7
Abbildung 4: a) Adulte Wanze von Oben. b) Adulte männliche (rote Bäuche erkennbar) Wanzen von unten (Fotos von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).....	8
Abbildung 5: Auf der linken Seite erkennt man eine männliche Marmorierte Baumwanze. Zu erkennen am fehlenden Zacken am Hinterleib, der rötliche Verfärbung des Bauches und der kleineren Körpergrösse. Auf der rechten Seite wird ein Weibchen abgebildet (Jaccard et al., 2015).	9
Abbildung 7: a) Exuvien verschiedener Stadien. b) Ein adultes Individuum nach der Häutung. c) Eine Nymphe (4. Stadium) nach der Häutung (Fotos von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).	9
Abbildung 8: Aufzuchtsdose für Adulte und Nymphen mit Bohnen, Ernüssen, Tränke, Fließpapier und Backpapier zur Eiablage (Foto von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).	13
Abbildung 9: Wanzenzucht in der Klimakammer (Foto von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).	14
Abbildung 10: Pyramidenfalle mit Vibrator (Foto von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).	15
Abbildung 11: a) Platine mit gespeicherten Daten zum Vibrationsablauf, -intensität, -frequenz. Mit Mikro-USB-Anschluss zur Stromversorgung und Anschluss für Verbindungskabel aus Vibrator. b) Powerbank für Stromversorgung (Fotos von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).....	16
Abbildung 12: Vibrations-Aufnahmen männlicher (MS-1) und weiblicher Wanzen (FS-1/FS-2), zur Kommunikation von Paarungsbereitschaft. a) Oszillogramm, b) Spektrogramm und c) Querschnitt Spektrogramm von MS-1 und FS-1 (Polajnar et al., 2016a).	17
Abbildung 13: Duplizierte Tonspur (Vibration) aus Publikation von Polajnar, Maistrello, Bertarella, & Mazzoni (2016a). Gefertigt von Prof. Dr. Christoph Georg Stamm, ZHAW School of Engineering in Zusammenarbeit mit Dr. Thomas Zurbrugg, toz GmbH (2018) für den Vibrator an der neu konzipierten Falle gegen <i>Halyomorpha halys</i>	18
Abbildung 14: Möglicher Versuchsaufbau zur Definition des Versuchsaufbaus für den Hauptversuch mit drei horizontal aufgebauten Plexiglasboxen (Foto von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).	19
Abbildung 15: Möglicher Versuchsaufbau zur Definition des Versuchsaufbaus für den Hauptversuch mit zwei vertikal gestapelten Plexiglasboxen (Foto von Sheila Hofer, ZHAW Wädenswil).	19
Abbildung 16: Resultate aus dem Hauptversuch «Sensibilitätstest Fallenkonzepte» Vergleich Kontrolle, Pheromon, Vibration und Pheromon + Vibration als Boxplot.	24

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zeitliche Abfolge der Versuche dieser Bachelorarbeit.....	13
Tabelle 2: Vorversuch zur Identifizierung der Anzahl Boxen und Zeit, mit drei nebeneinander liegenden Plexiglasboxen mit Rohrdurchgang.	22
Tabelle 3: Vorversuch zur Identifizierung der Anzahl Boxen und Zeit, mit zwei nebeneinander liegenden Plexiglasboxen mit Rohrdurchgang.	23
Tabelle 4: Vorversuch zur Identifizierung der Anzahl Boxen und Zeit mit zwei gestapelten Plexiglasboxen ohne Röhrendurchgang.....	24
Tabelle 6: Resultate prozentualer Vergleich von Wanzenfänge, mit und ohne Berührung mit Silico-Sec.	25
Tabelle 7: Rohdaten des Hauptversuchs «Sensibilisierungstest Fallenkonzepte» inkl. Ausführungsdatum und Datum, an welchem die Versuchswanzen das Adultstadium erreicht haben.....	36

Anhang

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Rohdaten aus dem Sensibilisierungstest der Fallenkonzepte.....	36
Tabelle 2: Erklärung betreffend das selbstständige Verfassen einer Bachelorarbeit im Departement Life Sciences und Facility Management.....	37

Anhang A

Rohdaten aus dem Sensibilisierungstest der Fallenkonzepte

Tabelle 6: Rohdaten des Hauptversuchs «Sensibilisierungstest Fallenkonzepte» inkl. Ausführungsdatum und Datum, an welchem die Versuchswanzen das Adultstadium erreicht haben

	Kontrolle		Pheromon		Vibration		Vibration+Pheromon	
	in Falle	in Pulver	in Falle	in Pulver	in Falle	in Pulver	in Falle	in Pulver
1. Wiederholung		4 19.6, 10:05, Wanzen 1.6./5.6.	1 20.6, 9:55, Wanzen 1.6./5.6.	0 21.6, 10:40, Wanzen 1.6./5.6.	0 19.6, 10:00, Wanzen 1.6./5.6.	1 20.6, 9:55, Wanzen 1.6./5.6.	7 21.6, 10:30, Wanzen 1.6./5.6.	1 21.6, 10:30, Wanzen 1.6./5.6.
2. Wiederholung		1 22.6, 10:00, Wanzen 5.6/8.6	1 22.6, 13:45, Wanzen 5.6/8.6	1 25.6, 13:45, Wanzen 8.6/11.6	1 25.6, 9:55, Wanzen 8.6/11.6	0 26.6, 9:30, Wanzen 8.6/11.6	4 28.6, 9:40, Wanzen 11.6/18.6	0 28.6, 13:10, Wanzen 11.6/18.6
3. Wiederholung		3 25.6, 10:05, Wanzen 8.6/11.6	1 25.6, 13:45, Wanzen 8.6/11.6	0 26.6, 9:50, Wanzen 11.6/18.6	4 27.6, 12:30, Wanzen 8.6/11.6	0 28.6, 13:10, Wanzen 11.6/18.6	3 28.6, 13:10, Wanzen 11.6/18.6	0 28.6, 13:10, Wanzen 11.6/18.6
4. Wiederholung		1 26.6, 9:40, Wanzen 8.6/11.6	0 28.6, 9:50, Wanzen 11.6/18.6	1 28.6, 13:20, Wanzen 11.6/18.6	1 2.7, 10:10, Wanzen 22.6	0 2.7, 10:10, Wanzen 22.6	6 4.7, 14:05, Wanzen 22.6	0 4.7, 14:05, Wanzen 22.6
5. Wiederholung		1 27.6, 12:40, Wanzen 8.6/11.6	1 28.6, 13:20, Wanzen 11.6/18.6	0 28.6, 13:20, Wanzen 11.6/18.6	0 5.7, 9:40, Wanzen 22.6	0 5.7, 9:40, Wanzen 22.6	2 5.7, 13:50, Wanzen 22.6	0 5.7, 13:50, Wanzen 22.6
6. Wiederholung		5 2.7, 10:20, Wanzen 22.6	0 2.7, 14:00, Wanzen 22.6	1 2.7, 14:00, Wanzen 22.6	1 4.7, 10:40, Wanzen 22.6	0 4.7, 10:40, Wanzen 22.6	6 4.7, 14:05, Wanzen 22.6	0 4.7, 14:05, Wanzen 22.6
7. Wiederholung		2 4.7, 10:45, Wanzen 22.6	2 4.7, 14:15, Wanzen 22.6	1 5.7, 9:40, Wanzen 22.6	1 5.7, 9:40, Wanzen 22.6	0 5.7, 9:40, Wanzen 22.6	2 5.7, 13:50, Wanzen 22.6	0 5.7, 13:50, Wanzen 22.6
8. Wiederholung		4 5.7, 9:50, Wanzen 22.6	0 5.7, 14:00, Wanzen 22.6	3 5.7, 14:00, Wanzen 22.6	3 5.7, 14:00, Wanzen 22.6	0 5.7, 14:00, Wanzen 22.6	4 5.7, 13:50, Wanzen 22.6	0 5.7, 13:50, Wanzen 22.6
9. Wiederholung		1 2.444	3 2.444	2 1.111	2 1.444	1 1.111	7 4.556	1 0.333
Durchschnitt								

Anhang B

Erklärung betreffend das selbstständige Verfassen einer Bachelorarbeit im Department Life Sciences und Facility Management

Mit der Abgabe dieser Bachelorarbeit versichert der/die Studierende, dass er/sie die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst hat.

Der/die unterzeichnende Studierende erklärt, dass alle verwendeten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Bachelorarbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urheberschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Bei Verfehlungen aller Art treten Paragraph 39 und Paragraph 40 der Rahmenprüfungsordnung für die Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29. Januar 2008 sowie die Bestimmungen der Disziplinarmaßnahmen der Hochschulordnung in Kraft.

Ort, Datum:

Unterschrift:

Wädenswil, 22.08.2018

